



RA

ANTEPROJETO

DE UMA USINA DE PESQUISA
E CAPACITAÇÃO EM BIOGÁS



RA

ANTEPROJETO
DE UMA USINA DE PESQUISA
E CAPACITAÇÃO EM BIOGÁS

Coletânea de publicações do PROBIOGÁS
Série Aproveitamento Energético de Biogás
de Resíduos Sólidos Urbanos

1ª Edição
Ministério das Cidades
Brasília, 2015

República Federativa do Brasil

Presidenta da República

Dilma Vana Rousseff

Ministro das Cidades

Gilberto Kassab

Secretário Executivo do Ministério das Cidades

Elton Santa Fé Zacarias

Secretário Nacional de Saneamento Ambiental

Paulo Ferreira

Chefe de Gabinete

Gustavo Zarif Frayha

Diretor de Articulação Institucional

Ernani Ciríaco de Miranda

Diretor de Desenvolvimento e Cooperação Técnica

Manoel Renato Machado Filho

Diretor de Águas e Esgotos

Johnny Ferreira dos Santos

Apoio Técnico

Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ).

Diretor Nacional: Wolf Michael Dio

Coordenador do Projeto: Wolfgang Roller

Informações legais

As idéias e opiniões expressas neste livro são dos autores e não refletem necessariamente a posição do Ministério das Cidades, da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental ou da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

A duplicação ou reprodução de todo ou partes (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que o projeto PROBIOGÁS seja citado como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento por escrito do Ministério das Cidades e da GIZ.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação [CIP]

Bibliotecário Responsável: Illy Guimarães B. Batista [CRB/DF 2498]

Brasil. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás.

Anteprojeto de uma usina de pesquisa e capacitação em biogás / Probiogás ; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH [GIZ] ; autores, Beatriz Arnold Berns, Heinz-Peter Schnicke, Patrícia Bombonatti. – Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2015.

160 p. : il. – [Aproveitamento energético do biogás de resíduos agrosilvopastoris; 1]

SBN 978-85-7958-053-6

Usina de pesquisa e capacitação em biogás – projeto – Concórdia [SC]. 2. Biogás – aspectos tecnológicos. 3. Resíduos agrosilvopastoris 4. Energia – fontes alternativas. I. Ministério das Cidades. II. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH [GIZ]. III. Berns, Beatriz Arnold. IV. Schnicke, Heinz-Peter. V. Bombonatti, Patrícia. VI. Título. VII. Série

CDD 665.776

CDU 662.767.2



Projeto Brasil – Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil

www.cidades.gov.br/probiogas

O Projeto Brasil-Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil – PROBIOGÁS – é um projeto inovador, fruto da cooperação técnica entre o Governo Brasileiro, por meio da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, e o Governo Alemão, por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ). Com o objetivo de contribuir para a ampliação do uso energético eficiente do biogás e, por conseguinte, para a redução de emissões de gases indutores do efeito estufa, o projeto conta com uma rede de parcerias nas esferas governamental, acadêmica e empresarial e possui vigência entre os anos de 2013 e 2017.

Para alcançar tais objetivos, o PROBIOGÁS desenvolve atividades em três linhas: (1) *condições-quadro*, atuando junto a órgãos governamentais em prol da melhoria das condições regulatórias relacionadas à produção de energia a partir do biogás; (2) *cooperação científica*, aproximando instituições de ensino e de pesquisa brasileiras entre si e das alemãs; e, (3) *cadeia de valor*, com o intuito de fomentar a indústria brasileira para produção nacional de tecnologia e de aproximar empresas brasileiras e alemãs para o intercâmbio de conhecimento. Além dessas atividades, o PROBIOGÁS busca capacitar profissionais brasileiros em diversos níveis, contemplando os atores que integram a cadeia de biogás e objetivando fortalecer o mercado de biogás no Brasil.

A realização da parceria Brasil-Alemanha possibilita a transferência do conhecimento e da experiência alemã sobre o aproveitamento do biogás gerado a partir do tratamento de efluentes e de resíduos, cuja expertise é reconhecida mundialmente. Neste contexto, o PROBIOGÁS assume papel relevante, indutor do desenvolvimento de tecnologias nacionais para o aproveitamento do biogás, possibilitando um retorno positivo para o setor saneamento básico no Brasil, em função do potencial de incremento na viabilidade técnica e econômica das plantas e instalações de tratamento de esgotos e de resíduos sólidos, a partir da geração de energia proveniente dos processos de biodegradação da fração orgânica.

Para melhor inserir o Projeto nas políticas nacionais foi criado um Comitê Gestor interministerial com a função de assegurar a integração entre as diversas áreas do Governo Federal com atuação no tema. O Comitê é formado pelos seguintes órgãos: Ministérios das Cidades, do Meio Ambiente, da Ciência, Tecnologia e Inovação, das Minas e Energia, da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, assim como a GIZ.

Gilberto Kassab
Ministro das Cidades



Por meio da: **giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Ministério das Cidades



Coordenação do projeto PROBIOGÁS

Ernani Ciríaco de Miranda (Ministério das Cidades) e Wolfgang Roller (GIZ)

Publicado por

Projeto Brasil-Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil – PROBIOGÁS (Projeto de Cooperação Técnica Bilateral entre a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades – SNSA/MCidades e a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável – GIZ)

Contatos

SNSA/MCidades

Setor de Autarquias Sul, Quadra 01, Lote 01/06, Bloco H, Ed. Telemundi II
CEP: 70070-010, Brasília – DF, Brasil. Telefone: +55 (61) 2108-1000
www.cidades.gov.br

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

SCN Quadra 1 Bloco C Sala 1501 – 15º andar Ed. Brasília Trade Center,
CEP: 70711-902, Brasília-DF, Brasil. Telefone: +55 (61) 2101-2170
www.giz.de/brasil

Expediente

Autores

Beatriz Arnold Berns
Heinz-Peter Schnicke
Patrícia Bombonatti

Revisão

Hélinah Cardoso Moreira (GIZ), Jens Giersdorf (GIZ), Luis Costa Jr. (GIZ),
Roberta Knopki (GIZ)

Capa, projeto gráfico e diagramação

Estúdio Marujo

PREFÁCIO

A Lei de diretrizes nacionais para o saneamento básico – Lei 11.445/2007 – estabelece que a prestação dos serviços terá a sustentabilidade econômico-financeira assegurada e, sob os aspectos técnicos, atenderá a requisitos que garantam a qualidade adequada. Por sua vez, a Lei que institui a política nacional de resíduos sólidos – Lei 12.305/2010 – estabelece a obrigatoriedade da coleta seletiva e determina que apenas os rejeitos devem ser encaminhados a aterros sanitários (regra que ficou conhecida no país como o “fim dos lixões”). Tais elementos reforçam o grande desafio, enfrentado pelo Brasil, de ampliar os níveis de tratamento dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos urbanos.

O Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab –, aprovado em dezembro de 2013, com um horizonte de 20 anos, destaca que um dos princípios fundamentais da política de saneamento diz respeito à matriz tecnológica que orienta o planejamento e a política setorial. Segundo o Plansab, planejar o saneamento básico no país, com um olhar de longo prazo, necessariamente envolve a prospecção dos rumos tecnológicos que o setor pode e deve trilhar. Cabe à política de saneamento básico identificar tendências, nacionais e internacionais, segundo as quais a matriz tecnológica do saneamento vem se moldando, o que supõe também procurar enxergar novos conceitos, ainda que sejam antigas formulações em novas roupagens, ou novos desafios que pressionam no sentido de mudanças paradigmáticas. Neste sentido, temas como a sustentabilidade, a gestão integrada das águas urbanas, o saneamento ecológico e o combate às mudanças climáticas globais podem ser evocados como exemplos.

Neste contexto, o PROBIOGÁS é um instrumento de grande importância para a implementação do Plansab. O aproveitamento energético do biogás nos processos de tratamento dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos urbanos, consagrado em diversos países, representa um pequeno esforço de modernização das instalações dos sistemas brasileiros com impactos altamente positivos na sustentabilidade econômico-financeira, na qualidade dos processos de tratamento e na melhoria do meio ambiente, contribuindo de forma efetiva para a redução dos gases de efeito estufa.

Espera-se que os resultados do PROBIOGÁS possibilitem a inserção do aproveitamento energético do biogás na pauta dos governos e prestadores de serviços de saneamento, de modo a fazer com que esta fonte renovável de energia seja utilizada em toda a sua potencialidade, dentro da realidade brasileira, contribuindo também para a geração distribuída de energia e a maior diversificação da matriz energética nacional.

Paulo Ferreira
**Secretário Nacional de
Saneamento Ambiental**

Wolfgang Roller
Coordenador PROBIOGÁS

APRESENTAÇÃO DA COLETÂNEA

A Coletânea de Publicações do PROBIOGÁS é uma relevante contribuição governamental aos profissionais brasileiros que atuam em diferentes setores da infraestrutura, energia renovável, inovação tecnológica e, em especial, no setor de saneamento. Essa coletânea é composta por cadernos técnicos que tratam do biogás como tema central.

A coletânea é dividida em quatro séries, cada uma agrupando um conjunto de publicações que contribuem para uma determinada área do conhecimento e/ou de atuação no tema.

BIOGÁS

A primeira série é intitulada **Desenvolvimento do Mercado de Biogás**, abreviada como **BIOGÁS**, composta por publicações que tratam de aspectos tecnológicos da geração e utilização do biogás, do processo de licenciamento ambiental de plantas e instalações, da comercialização de co-produtos de plantas de biogás, entre outros tópicos pertinentes à estruturação da cadeia produtiva e à consolidação de um mercado nacional.

RSU

A segunda série aborda a utilização energética do biogás gerado a partir da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, questão extremamente atual no contexto técnico e institucional do saneamento ambiental brasileiro. Denominada **Aproveitamento Energético do Biogás de Resíduos Sólidos Urbanos** e abreviada simplesmente como **RSU**, esta série abordará, entre outros tópicos, a metodologia e tecnologia da metanização seca e estudos de viabilidade técnica e econômica.

ETE

A terceira série é chamada **Aproveitamento Energético de Biogás em Estações de Tratamento de Esgoto**, simbolizada pela sigla **ETE**, composta por publicações que tratam de aspectos técnicos, desde o projeto à operação, de estudos de viabilidade técnica e econômica, e de orientações para a licitação de sistemas de tratamento que contemplem o biogás.

RA

Finalmente, a quarta série abordará a utilização do biogás oriundo dos resíduos das atividades agrícolas, pecuárias e da agroindústria, que possuem um elevado potencial de aproveitamento no país. Intitulada **Aproveitamento Energético do Biogás de Resíduos Agrosilvopastoris**, abreviada simplesmente como **RA**, as publicações versarão sobre os resíduos da suinocultura, comercialização de biofertilizante, entre outros tópicos.

Por oportuno, informamos que todas as Publicações da Coletânea estão disponíveis para download na página do Projeto PROBIOGÁS, hospedado no site da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades: www.cidades.gov.br/probiogas

SUMÁRIO

13	1 APRESENTAÇÃO
----	----------------

16	2 DEFINIÇÕES INICIAIS PARA A ELABORAÇÃO DO ANTEPROJETO
----	--

16	2.1. Localização
----	------------------

16	2.2. Caracterização preliminar do arranjo técnico
----	---

17	3 DEFINIÇÕES PRELIMINARES BÁSICAS PARA A USINA DE BIOGÁS
----	--

17	3.1. Substrato
----	----------------

20	3.2. Sistema de geração de biogás da usina
----	--

20	3.3. Digestor
----	---------------

21	3.4. Sistema de alimentação
----	-----------------------------

21	3.5. Armazenamento de gás
----	---------------------------

22	3.6. Tubulações
----	-----------------

22	3.7. Pré-tratamento de gás
----	----------------------------

23	3.8. Motor gerador
----	--------------------

23	3.9. Purificação de biogás para biometano
----	---

25	3.10. Automação e controle
----	----------------------------

26	3.11. Normas de segurança
----	---------------------------

27	3.12. Garantia e manutenção dos equipamentos
----	--

28	4 PROCESSO DE GERAÇÃO DE BIOGÁS DA USINA
----	--

28	4.1. <i>Upgrading</i> da planta para geração de biometano
----	---

28	4.2. Riscos e recomendações para a usina de biogás
----	--

33	5 ÁREA DE IMPLANTAÇÃO
----	-----------------------

35	6 LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA USINA DE BIOGÁS
----	--

35	6.1. Tramitação do processo de licenciamento ambiental
----	--

36	6.2. Supressão da vegetação
----	-----------------------------

37	6.3. Planos e programas
----	-------------------------

37	6.4. Estudo ambiental simplificado
----	------------------------------------

38	6.5. Projeto básico ambiental
----	-------------------------------

40	7 PROGRAMA DE PESQUISA E CAPACITAÇÃO INTEGRADO À USINA
41	7.1. Usina de pesquisa do dbfz
43	7.2. Programa de capacitação e estágios
44	7.3. Integração com laboratório de biogás na embrapa suínos e aves

45	8 ARRANJO ECONÔMICO DA USINA DE BIOGÁS
45	8.1. Aspectos econômicos
45	8.2. Capex
46	8.3. Opex
47	8.4. Equipe de operação
49	8.5. Aspectos econômicos de uma usina de pesquisa e capacitação

50	9 DESCRIÇÃO GERAL PARA CÁLCULOS FINANCEIROS DA USINA DE BIOGÁS DE CONCÓRDIA
50	9.1. Produção
50	9.2. Regime operacional
51	9.3. Projeto executivo civil
51	9.4. Projeto executivo estrutural
51	9.5. Projeto executivo arquitetônico
51	9.6. Projeto executivo mecânico
52	9.7. Projeto executivo elétrico
52	9.8. Projeto executivo comando/proteção/instrumentação e processo biológico
52	9.9. Dados existentes
53	9.10. Obras de infraestrutura e logística
55	9.11. Geração de energia elétrica
56	9.12. Aspectos tributários

57	10 DIMENSIONAMENTO ESTIMADO PARA A USINA DE BIOGÁS DE CONCÓRDIA
----	---

62	11 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO EMPREEDIMENTO
----	--

63	12 ORÇAMENTOS
----	---------------

65	13 PLANILHAS FINANCEIRAS
----	--------------------------

65	13.1. Premissas de geração
66	13.2. Premissas do projeto
68	13.3. Usos e fontes
69	13.4. Faturamento
70	13.5. Custos operacionais
72	13.6. Projeções de receitas
74	13.7. Fluxo de caixa
76	13.8. Viabilidade

78	14 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE PURIFICAÇÃO DE BIOGÁS E GERAÇÃO DE BIOMETANO – FASE II
----	--

79	15 CONCLUSÃO
----	--------------

80	16 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS
----	---

81	Anexo I
-----------	----------------

137	Anexo II
------------	-----------------

LISTA DE FIGURAS

- 15 **1:** Região Sul do Brasil composta pelos estados de Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul com destaque para a localização de Concórdia, no oeste de Santa Catarina.
- 18 **2:** Efetivo de suínos [por cabeça] nos estados da região Sul do Brasil.
- 19 **3:** Efetivo de frangos [por cabeça] nos estados da região Sul do Brasil.
- 20 **4:** Digestor cilíndrico.
- 21 **5:** Modelo de agitador de submersão.
- 21 **6:** Armazenador de biogás.
- 22 **7:** Tubulações Usina de Biogás Växjd.
- 22 **8:** Tanque de dessulfurização.
- 23 **9:** Motor gerador Ciclo Otto.
- 24 **10:** Sistema Sepuran®, cartuchos [cilindros] com membranas.
- 25 **11:** Sistema Sepuran®, esquema de separação dos componentes do biogás.
- 25 **12:** Software de monitoramento.
- 25 **13:** Sala de controle da planta de biogás.
- 26 **14:** Sinalizações de uma usina de biogás.
- 28 **15:** Diagrama básico da usina de biogás prevista.
- 33 **16:** Granja de matrizes.
- 34 **17:** Planta para compostagem.
- 34 **18:** Localização do terreno.
- 34 **19:** Localização das granjas de suínos em relação ao terreno do projeto.
- 40 **20:** Arranjo técnico para Usina de Pesquisa e Capacitação.
- 41 **21:** Interação da Usina, Pesquisa e Capacitação.
- 42 **22:** Diagrama básico da usina de pesquisa DBFZ, Leipzig.
- 46 **23:** Distribuição típica do CAPEX na Alemanha.
- 47 **24:** Estrutura típica do OPEX na Alemanha sem custos com substratos e digestatos.
- 55 **25:** Mobilização e desmobilização de mão de obra.
- 59 **26:** Arranjo inicial da usina de biogás de Concórdia e descrição dos principais equipamentos.
- 67 **27:** Premissas do Projeto – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia.
- 68 **28:** Premissas do Projeto-Financeiro – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia.

- 69 **29:** Usos e Fontes – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia.
- 70 **30:** Projeção de Receita – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia
- 70 **31:** Projeção de Custos – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia.
- 72 **32:** DRE: Demonstração dos Resultados – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia.
- 74 **33:** Fluxo de Caixa – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia
- 76 **34:** Viabilidade – TIR/VPL – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia
- 77 **35:** Viabilidade – TIR/VPL – Planilha financeira com Motor 1.000 kWh – Usina de biogás de Concórdia.
- 78 **36:** Estação de Biometano com sistema de membranas.

LISTA DE TABELAS

26	1: Alguns problemas que a usina pode apresentar e a prevenção necessária.
33	2: Dados referentes a granja selecionada para o projeto.
50	3: Números estimados de pessoal na usina de biogás.
53	4: Áreas previstas para o canteiro de obras.
58	5: Produção estimada de biogás da UPC.
63	6: Itens orçados para o projeto da Usina de Biogás de Concórdia.
64	7: Despesas anuais estimadas para Usina de Biogás de Concórdia.
65	8: Premissas – Planilha financeira Usina de Biogás de Concórdia.
77	9: Premissas – Planilha financeira como Motor 1000 kWh - Usina de Biogás de Concórdia.

1

APRESENTAÇÃO

A crescente preocupação com o meio ambiente tem levado os países a exercerem uma política ambiental cada vez mais efetiva e abrangente, visando responder as novas necessidades. Paralelamente a essas exigências ambientais, desenvolveu-se um mercado eficiente de geração energética através do uso de resíduos orgânicos provenientes de diversas fontes, como indústria de alimentos, criação de animais, lixo urbano e agricultura.

O modelo de sucesso de geração de biogás, via fermentação anaeróbica de materiais orgânicos, vem da Alemanha, onde hoje se somam mais de 8.000 usinas de biogás, gerando energia de forma constante. Essa tecnologia está sendo difundida para outros países. No caso do Brasil, o mercado de biogás está evoluindo com o aumento do interesse na geração energética através da utilização de resíduos. Dessa forma, o momento para o fomento da tecnologia e pesquisa na área de biogás e biometano é extremamente positivo.

No estado de Santa Catarina existe um forte interesse na área de biogás. Desde 2010, este movimento é liderado pela companhia de gás do estado, SCGÁS, seguidos pela Embrapa Suínos e Aves e empresas privadas. Recentemente foi instalado pela Embrapa o primeiro laboratório de biogás no estado, que será estruturado para se tornar um centro de pesquisa em biogás modelo para o país, confirmando o interesse dessa região na produção de biogás.

Em vistas a estruturar o centro de pesquisa, a BGT e a diretoria da SCGÁS organizaram uma visita à usina de pesquisa em biogás do DBFZ (Deutsches Biomasseforschungszentrum), em Leipzig, Alemanha. A ideia é adotar o modelo do centro de estudo alemão e estabelecer parcerias com institutos de pesquisas, universidades e faculdades da região para alcançar este objetivo.

Este modelo de centro de pesquisa é uma forma de promover o avanço do biogás no Brasil, dando subsídios técnicos e acadêmicos para empresas e instituições de ensino e pesquisa, desencadeando o interesse de projetos em escala industrial para diferentes setores e contribuindo para a consolidação dessa fonte energética no Brasil.

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Elaboração de um anteprojeto para a implantação e operação de um projeto modelo de usina de pesquisa e capacitação em biogás na região oeste de Santa Catarina.

1.1.2. Objetivos Específicos

Definições para elaboração da fase inicial do anteprojeto, como escopo, limitações do projeto, arranjo técnico, local estimado, capacidade de operação e treinamento e logística de funcionamento;

Estudos preliminares necessários para a implantação de uma usina modelo de pesquisa e capacitação:

- >> Capacidade de absorção dos substratos e abrangência do projeto;
- >> Integração com o laboratório de biogás na Embrapa Suínos e Aves;

- >> Definição dos produtos e capacidade de geração de energia;
- >> Definição de área para implantação da usina de pesquisa e capacitação;
- >> Modelo de operação;
- >> Treinamento.

Definir o pré-dimensionamento da usina relacionado ao processo biológico, projeto civil com um diagrama básico, definições de equipamentos e layout básico;

Elaboração da planilha técnico financeira e descritivo do projeto para atender as necessidades dos financiadores.

2

DEFINIÇÕES INICIAIS PARA A ELABORAÇÃO DO ANTEPROJETO

O desenvolvimento conceitual do projeto da usina modelo de pesquisa e capacitação em biogás do Brasil será direcionado para pesquisa e desenvolvimento de geração energética com a utilização de substratos típicos, provenientes de sistemas de cultivo, manejo e/ou de processos característicos da região.

O escopo deste anteprojeto contempla o estudo de viabilidade técnica, plano de negócios e financeiro, incluindo custos de operação e manutenção, descritivo do projeto e layout.

Uma próxima etapa deve ser a apresentação deste anteprojeto para investidores e na sequência, o projeto estará apto para etapas de projeto executivo, licitação, licenciamentos, implantação e treinamento da equipe e instrutores para operação e manutenção da usina.

2.1. Localização

A região sul do Brasil é líder nacional na produção de suínos e aves, conforme dados de IBGE (2014) e FIESC (2012). Essa liderança na criação de animais tem como consequência o alto índice de geração dejetos, que representa hoje um grande problema ambiental, principalmente para a área oeste dos estados que compõem essa região. Segundo informações da Embrapa Suínos e Aves (OLIVEIRA, 2004), o dejetos suíno é um composto multinutriente, embora seus elementos estejam em quantidades desproporcionais em relação aos assimilados pelas plantas. Dessa forma, o procedimento de simplesmente dispersar os dejetos sobre o solo agricultável, sem auxílio técnico, somente faz agravar a situação dessas terras, desestabilizando as condições naturais do solo, águas subterrâneas e corpos hídricos. Sendo assim, para esta atividade, faz-se necessário um maior comprometimento com a preservação dos mananciais, evitando a contaminação de nascentes, cursos de água e poluição do ar.

Uma das soluções para essa problemática seria o aproveitamento desses dejetos, para geração energética, através do biogás. No estado de Santa Catarina, que é o maior produtor de carne suína do Brasil (FIESC, 2012), a região oeste, além de apresentar uma alta concentração de material orgânico disponível (dejetos suínos), também possui institutos de pesquisa, universidades e cursos técnicos, voltados para as atividades relacionadas à produção de alimentos, principalmente à carne. Como exemplo, pode-se citar a Embrapa Suínos e Aves que está situada no município de Concórdia, cuja localização é apresentada na Figura 01.

Figura 1: Região Sul do Brasil composta pelos estados de Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul com destaque para a localização de Concórdia, no oeste de Santa Catarina.



Fonte: Acervo BGT.

2.1.1. Fatores que justificam a localização do projeto em Concórdia, Santa Catarina

Os principais fatores que justificam a escolha do município de Concórdia, situado no oeste do estado de Santa Catarina, para instalação de uma usina de pesquisa e capacitação na área de biogás estão listados a seguir:

- » Concórdia possui em torno de 412.000 suínos (IBGE, 2014a).
- » A topografia da cidade é favorável, pois muitas granjas se localizam em áreas altas, sendo possível transporte de dejetos através de tubulações, reduzindo custos.
- » A infraestrutura existente é capaz de comportar o projeto.
- » Entidades educacionais e de pesquisas, focadas na área de suinocultura e avicultura, como a Embrapa Suínos e Aves, SENAI, Universidade do Contestado, entre outras, já se encontram no município.
- » Indústrias de alimentos e frigoríficos, que podem colaborar com a pesquisa e capacitação devido ao interesse próprio, já se encontram no município.
- » Há uma extensa área agrícola, ou seja, local que pode consumir o biofertilizante líquido e sólido gerado na Usina de Pesquisa e Capacitação.

2.2. Caracterização preliminar do arranjo técnico

A implantação da usina de pesquisa e capacitação irá contribuir com o desenvolvimento da região, partindo do potencial sócio econômico e das necessidades da região, promovendo a inovação em todos os seus aspectos.

As premissas consideradas para essa planta de biogás são:

- » Implantar um projeto com padrão tecnológico consolidado, seguindo um nível *standard*, que opere como um piloto e não somente como uma planta para pesquisa e desenvolvimento;
- » Garantir baixo custo de operação e manutenção;
- » Gerar energia elétrica, energia térmica e possibilidade para *upgrading* com geração de biometano;
- » Geração de receita, tanto através da usina quanto através do complexo de pesquisa e capacitação;
- » Utilizar substratos disponíveis na região;
- » Elaborar um projeto com flexibilidade para misturas de substratos;
- » Utilizar o digestato como fertilizante, de acordo com as normas locais;
- » Priorizar a utilização de equipamentos e empresas da região;
- » Priorizar a inserção de profissionais e alunos da região;
- » Utilizar a infraestrutura complementar disponível na região;
- » Integrar escolas e universidades da região;
- » Permitir a integração de vários setores, como indústria, comércio, órgãos ambientais, etc., através da multidisciplinaridade que envolve uma planta de biogás;
- » Possibilitar a replicação para outras regiões do Brasil.

3

DEFINIÇÕES PRELIMINARES BÁSICAS PARA A USINA DE BIOGÁS

O presente item discorre sobre todos os tópicos considerados importantes no desenvolvimento do projeto da usina de pesquisa e capacitação para área de biogás e suas definições preliminares.

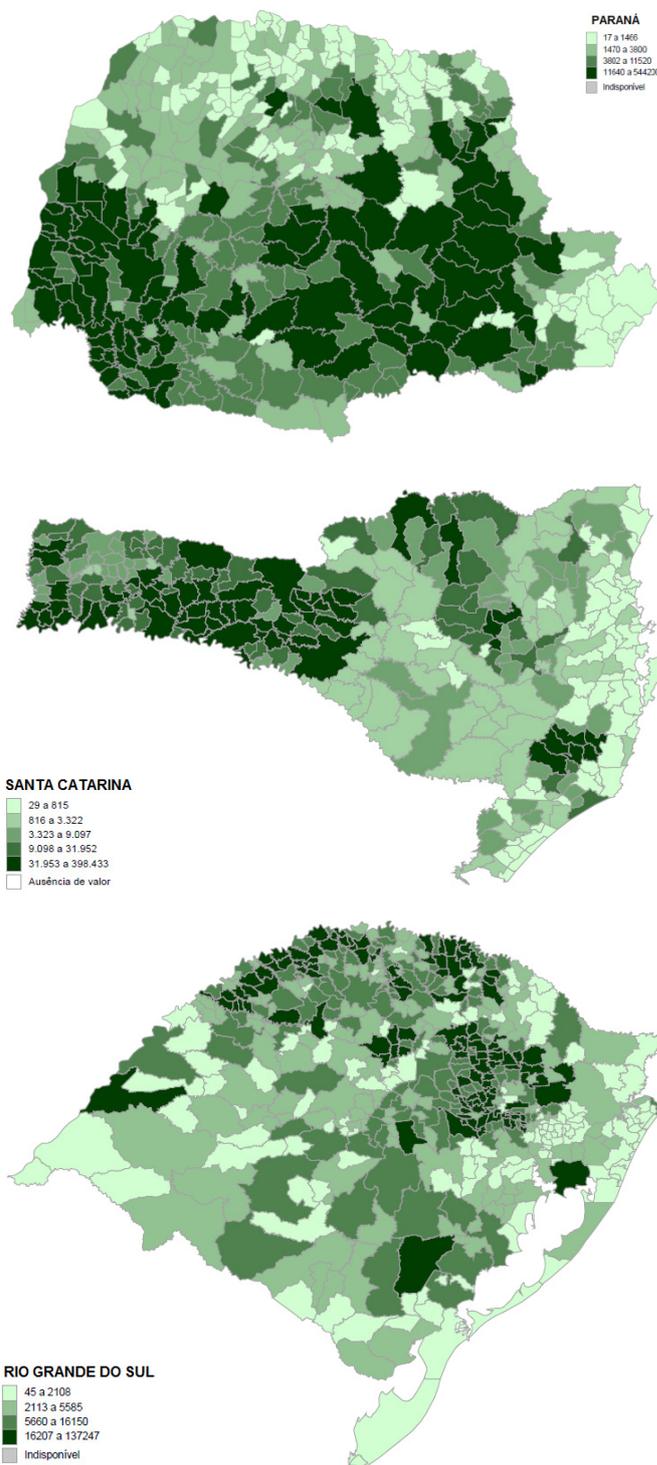
3.1. Substrato

Uma das premissas desse projeto é a implantação da usina de pesquisa e capacitação em uma área com grande concentração de um determinado substrato ou resíduo orgânico, indo ao encontro de todo o complexo já formado em torno desse sistema. É o caso da suinocultura e também da avicultura, na região do Sul do Brasil, onde já existe todo um sistema estruturado, com área produtiva, formação de mão-de-obra, indústrias de beneficiamento até o produto final, etc.

No caso do projeto de Concórdia, o substrato principal será o dejetos de suínos. Além desse, serão utilizados a cama aviária e outros cosubstratos em menor quantidade, tais como resíduos da indústria de alimentos, frigoríficos, lixo urbano, que poderão ser injetados no processo para pesquisa. A escolha dos cosubstratos dependerá das suas características, da sua atuação junto com o substrato principal e da avaliação da necessidade e plano de estudo da própria equipe de profissionais da usina.

O efetivo do rebanho de suínos da região Sul está demonstrado na Figura 02. Essa grande concentração de animais, demonstra a importância do projeto para contribuir para uma destinação sustentável do grande acúmulo de dejetos de suínos que são produzidos diariamente pelos animais e para demonstrar a possibilidade de replicação desse projeto na região sul do país.

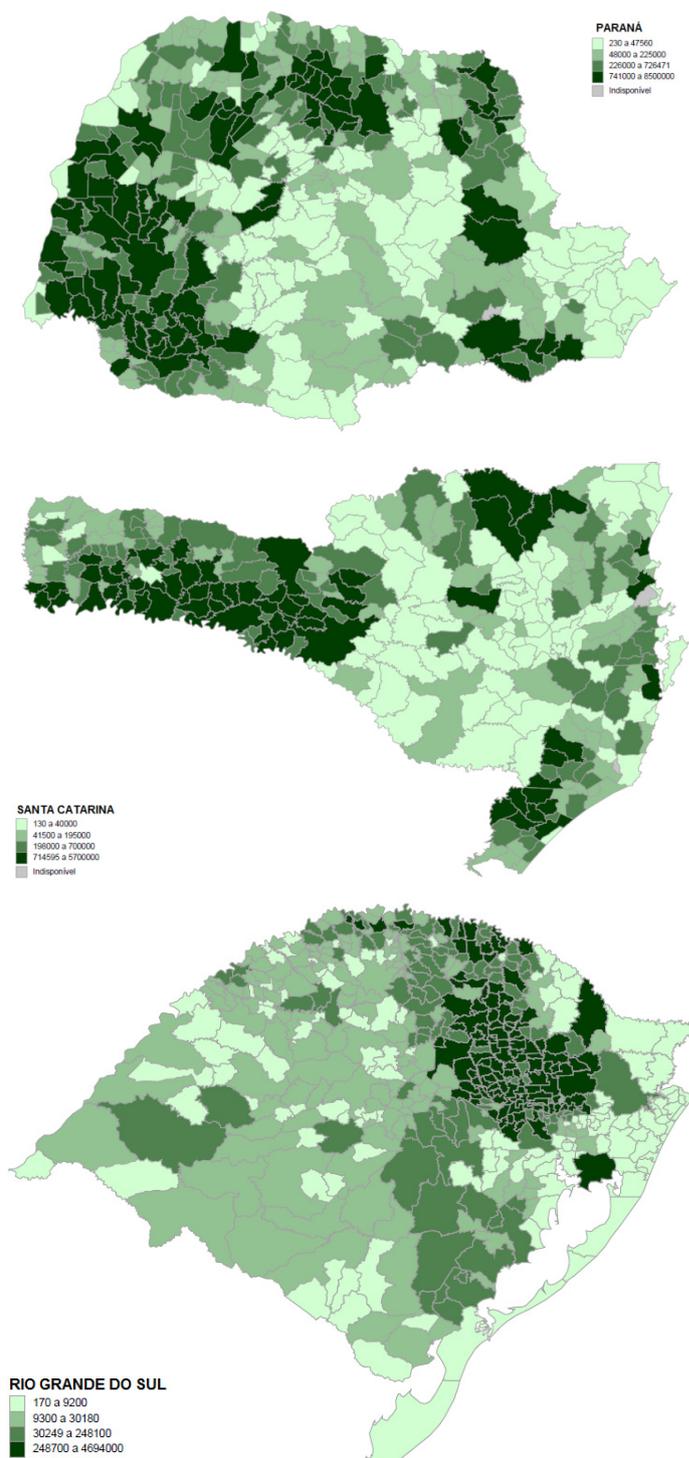
Figura 2: Efetivo de suínos (por cabeça) nos estados da região Sul do Brasil.



³ Fonte: IBGE, 2014.

Na figura 03 é possível verificar a concentração da criação de aves (frangos) na região Sul, o que contribui para a disponibilização da cama aviária como opção de cosubstrato na usina.

Figura 3: Efetivo de frangos (por cabeça) nos estados da região Sul do Brasil.



ⁱ Fonte: IBGE, 2014.

3.2. Sistema de geração de biogás da usina

O sistema de digestão padrão para a usina será de sistema contínuo, também chamado de CSTR (Continuously Stirrer Tank Reactor) trabalhando com sistema mesofílico, onde a temperatura interna do reator pode variar entre 35-40 °C. Esse sistema é o mais utilizado hoje nas usinas de biogás de grande escala no mundo e apresenta estabilidade, eficiência na produção de biogás e é um sistema considerado seguro.

Para contribuir com as definições desse projeto, o presente trabalho contou com o apoio de um estudo técnico feito, especialmente, para o modelo pensado para Concórdia, elaborado pelo engenheiro Cristoph Zimmermann do *Ingenieurbüro für Entwicklung und Anwendung umweltfreundlicher Technik GmbH – UTEC*. Dessa forma, as definições preliminares que seguem foram estabelecidas conforme Anexo I.

As características do sistema de digestão para uma usina, como a planejada para Concórdia, devem ser:

Carga orgânica	< 3,0 kg/m ³ x d
Tempo de retenção hidráulica	> 20d e < 35d
Matéria seca – no digestor	< 10%
Produção de biogás específico	< 3,0 Nm ³ /m ³ x d
Alimentação	Semi contínua
Temperatura	Mesofílica [35 – 40°C]
NH_x [amônia]	<4.500 mg/l
pH	6,8 – 8,0

3.3. Digestor

Para esse projeto de Concórdia, a opção de digestor é o tanque cilíndrico, com corpo metálico e acabamento esmaltado interno, isolamento térmico externo, sistema de aquecimento interno via serpentinas e cobertura metálica, rígida, como pode ser observado na Figura 04. A escolha por esse tipo de digestor possibilita maior estabilidade de produção de gás e facilidade para controle da biologia, principalmente se tratando de uma produção de gás direcionado para pesquisas e capacitação profissional.

Figura 4: Digestor cilíndrico.



Fonte: Acervo BGT [2014]

3.4. Sistema de alimentação

O sistema de bombeamento deverá ser feito através de bombas para líquidos. O sistema de alimentação deve permitir o pré-tratamento e a eventual mistura dos substratos antes de enviá-los para o digestor, o que facilita o sistema de digestão da matéria orgânica, dentro do tanque.

3.4.1 Agitação

O sistema de agitação é importante para manter a homogeneidade dos substratos que estão dentro do tanque. Com o movimento, as bactérias responsáveis pela degradação dos substratos e produção do biogás mantêm a troca de material digerido por material ainda com carga orgânica a ser degradada. A escolha do modelo do agitador depende das características dos substratos que serão enviados para o digestor, tais como a viscosidade e a quantidade de fibras. Nesse projeto também é aconselhável optar por um modelo de fácil manutenção e pouco consumo de energia, como o apresentado na Figura 05.

Figura 5: Modelo de agitador de submersão.



Fonte: Acervo BGT (2014).

3.5. Armazenamento de gás

Um armazenador externo de gás é recomendado para esse modelo de usina, como pode ser visualizado na Figura 06, possibilitando um melhor equilíbrio entre a produção e o consumo de biogás gerado pelo digestor. Se optado por não utilizar um agitador central, é possível armazenar o gás no topo do digestor.

Figura 6: Armazenador de biogás



Fonte: Albers Alligator [Disponível em: www.albersalligator.com Acesso em: 22 mai. 2014].

3.6. Tubulações

Nos projetos de usinas de biogás o material usado para condução de substratos e água são canos em aço ou em PE (tubos de poliuretano com resistência a ultravioleta), já para condução de gás os indicados são os de aço inox ou PE, conforme pode ser observado na Figura 07. As normas de segurança e sinalização seguem as NBR's em vigor – normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Figura 7: Tubulações Usina de Biogás Växjd.



Fonte: Acervo BGT (2014)

3.7. Pré-tratamento de gás

O biogás, que é composto, em sua maior parte, por metano e gás carbônico, ao sair do digester está saturado com água e possui também um percentual pequeno de H_2S (ácido sulfídrico), oxigênio, nitrogênio, hidrogênio e algumas impurezas. Para melhorar a qualidade do gás e também contribuir para o bom funcionamento e durabilidade dos equipamentos e do motor gerador de energia, é feito um processo de dessulfurização para eliminar o H_2S do biogás.

Em sua maioria, as usinas de biogás de grande escala utilizam o sistema de injeção de ar dentro do digester para reagir, biologicamente, com o H_2S , transformando-o em enxofre elementar e, conforme a necessidade, complementam a dessulfurização com tratamento químico (via componentes ferrosos) ou com sistema de *scrubber*.

No caso do projeto modelo de Concórdia, devido à adoção de um modelo de digester com cobertura metálica, que possuirá pouca área interna livre para o procedimento eficiente de injeção de ar, o processo de dessulfurização será realizado com um *scrubber* externo, como pode ser observado na Figura 08.

Figura 8: Tanque de dessulfurização.



Fonte: Acervo BGT (2014)

3.8. Motor gerador

Uma configuração muito comum de plantas de biogás é a geração de energia térmica e elétrica a partir da queima do biogás em motores geradores. Essas energias são utilizadas para o consumo interno da usina e seu excedente, geralmente, é disponibilizado para rede, servindo como fonte de receita.

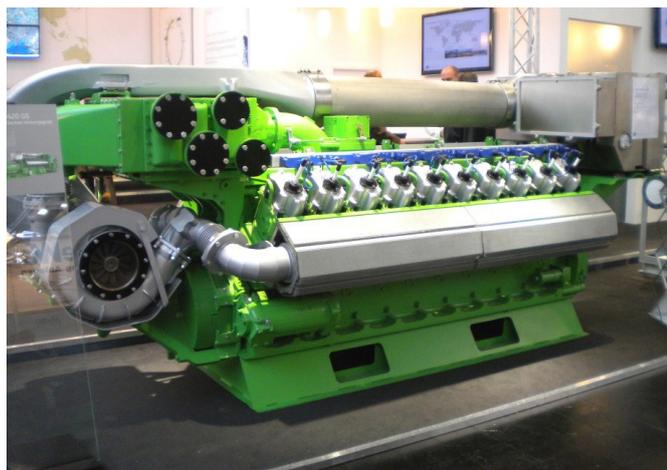
A energia térmica é utilizada, principalmente, para manter a temperatura constante dentro do digestor, seu excedente pode auxiliar no aquecimento de ambientes domésticos ou do local de criação dos animais.

Para o projeto de Concórdia, o planejado para a fase inicial é a utilização de um motor gerador pequeno, em torno de 75–100 kW, para suprir a demanda da usina e comercializar o excedente. Para uma usina de pesquisa e capacitação, esta escala pode ser considerada grande, sendo suficiente para obter resultados significativos. A potência de geração de energias de uma usina de biogás depende da disponibilidade de substratos e a consequente geração de biogás.

Os motores geradores, cujo exemplo pode ser visto na Figura 09, partem de 20 kW e, facilmente, encontramos usinas com motores de alta eficiência, com mais de 1,4 MW de potência ou até vários motores conectados, como a Usina de Penkun, na Alemanha com mais de 20 MW de geração de energia elétrica, através do biogás. A durabilidade dos motores de tecnologia especial para usinas de biogás é de no mínimo 120 mil horas, com manutenção especial a cada 60 mil horas de funcionamento. Os motores são feitos para operarem 24 horas por dia, com paradas eventuais para troca de óleo.

O monitoramento eletrônico do motor pode ser feito à distância, tanto pela usina como pelo fornecedor e fabricante. Um contrato de manutenção e serviço é feito entre o fornecedor e usina para garantir o pleno funcionamento de todos os equipamentos.

Figura 9: Motor gerador Ciclo Otto.



Fonte: Acervo BGT (2014)

3.9. Purificação de biogás para biometano

Como alternativa na geração de energia através do biogás, a purificação do biogás para a geração de biometano tem se destacado cada vez mais no mercado. Produtoras de automóveis, caminhões e veículos de utilidade pública investem em frotas, que podem ser abastecidos com biogás.

Nos últimos anos a tecnologia de purificação tem sido mais acessível e viável financeiramente, tornando-se atrativa, principalmente para atender regiões onde há demanda por gás natural, mas não há rede condutora, o que limita a disponibilidade de gás apenas por meio de transporte rodoviário entre o ponto de rede mais próximo e o cliente. Existem diferentes tipos de tecnologias para a purificação do biogás, com uso de água ou compostos químicos por exemplo, e a aplicação depende das condições da planta e quantidade de biogás gerado. Os sistemas de purificação são disponíveis a partir de 100 m³/h de biogás.

Qualquer que seja a tecnologia aplicada para a purificação o rendimento e a eficiência do processo chega a 98%, possibilitando a injeção na rede pública e o uso veicular. A planta de biogás pode operar até 8.600 horas/ano sem interrupção. O custo de manutenção de estações de purificação varia conforme a tecnologia. Ressalta-se que a purificação pode ser implantada juntamente com o processo de cogeração, gerando-se assim energia térmica, elétrica e biometano em uma mesma planta.

Processos com uso de água costumam ter valores de investimento menores, mas com custo de manutenção superior aos de tratamento químico. O sistema, igualmente ao dos motores de cogeração, também é totalmente automatizado e monitorado. A estação é instalada em containers com isolamento acústico e baixa emissão de gases.

Para o projeto da usina de pesquisa e capacitação, por se tratar de um modelo de pequena escala, a tecnologia indicada, até por sua capacidade de operar com pequena quantidade de biogás é a de membranas de purificação. Essa tecnologia trabalha sem a necessidade de utilização de energia térmica, mas com necessidade de energia elétrica para a condução de biogás através do sistema de cilindros que contém as membranas, demonstrado na Figura 10. Essas filtram o biogás, separando o metano dos demais componentes, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 10: Sistema Sepuran®, cartuchos [cilindros] com membranas.

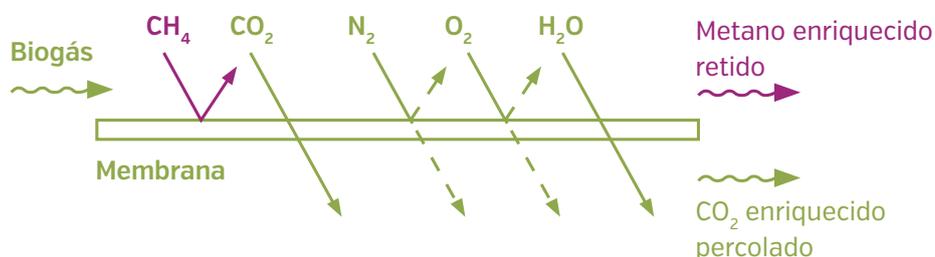


Fonte: Evonik Industries
Sepuran® Green
[Disponível em: <<http://www.sepuran.com/sites/dc/Downloadcenter/Evonik/Product/SEPURAN/en/brochure-sepuran-green-for-upgrading-biogas.pdf>> Acesso em: 24 mai. 2014]

Figura 11: Sistema Sepuran®, esquema de separação dos componentes do biogás

Fonte: Adaptado de Evonik Industries Sepuran® [Disponível em: <<http://www.sepuran.com/product/sepuran/en/Pages/function.aspx>> Acesso em: 24 mai. 2014]

SEPARAÇÃO DE GÁS COM MEMBRANAS



3.10. Automação e controle

Na Alemanha, toda planta de biogás é equipada com um controle eletrônico central. A aquisição de dados inclui todas as informações técnicas essenciais da usina como: quantidade de entrada de substratos nos recipientes de armazenagem; volume de substratos que alimentam os fermentadores; nível e temperatura dos substratos; quantidade e qualidade de geração de gás; eficiência térmica e elétrica de geração, temperatura, pH, etc; e estes dados são apresentados por um software de monitoramento, como pode ser visualizado na Figura 12.

Os dados são armazenados na central e exibidos tanto no monitor central, na sala de controle (Figura 13), como na base da empresa fornecedora. Os operadores fazem controle dos componentes, relatório e *check list* diariamente. Também está incluído no sistema, a informação automática sobre distúrbios da planta, com avisos imediatos por telefone, celular e email. Empresas fornecedoras possuem sistemas de monitoramento com capacidade de assistência à distância, podendo inclusive reprogramar alguns equipamentos.

Os operadores da planta são capacitados para operar todo o sistema de maneira fácil e segura. A empresa fornecedora sempre estabelece um contrato de operação e serviço com a usina de biogás, isso contribui para a eficiência do funcionamento e produção constante de energia da planta.

Figura 12: Software de monitoramento.

Fonte: Acervo BGT [2013]

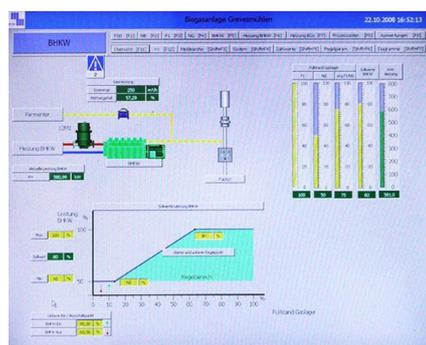


Figura 13: Sala de controle da planta de biogás.

Fonte: Acervo BGT [2013]



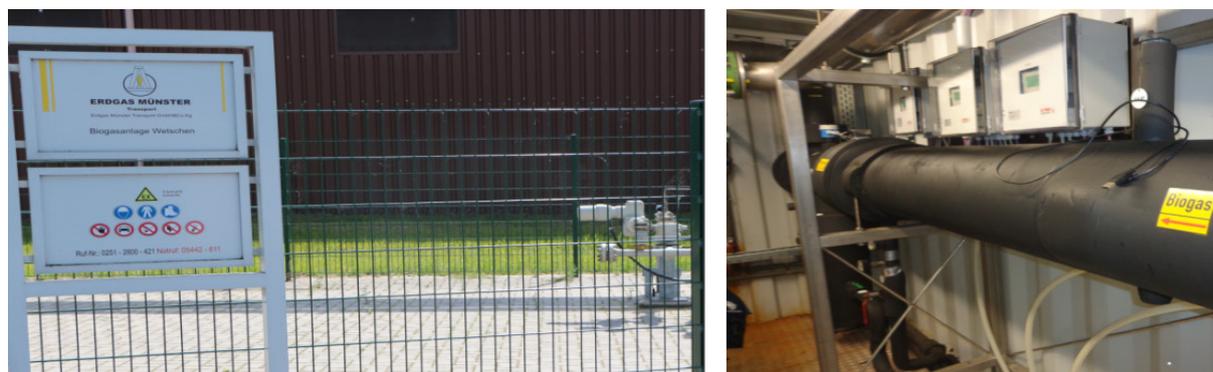
3.11. Normas de segurança

O biogás, por ter densidade menor do que a do ar atmosférico, com uma relação de 0.55, oferece menor risco de explosão por não se acumular facilmente ao nível do solo (PECORA, 2006; SANTOS, 2009), dessa forma a tendência é de o biogás se dispersar na atmosfera em caso de vazamento.

Mesmo com taxa de risco inferior a muitos combustíveis e necessitando-se grandes quantidades de biogás para uma combustão, é importante manter normas de segurança, de acordo com as normativas específicas para materiais explosivos, em todo o complexo da usina de biogás.

O projeto de segurança e o preventivo de incêndio acompanham os projetos da planta de biogás, seguindo as normas da ABNT, levando em consideração áreas de risco, proteção e segurança para equipamentos elétricos, afastamentos mínimos, localização de extintores, sinalizações – como pode ser observado na Figura 14 –, alarmes, detectores de vazamento de gás – inclusive nos fermentadores –, válvulas de segurança, etc. Não existem normas específicas para usinas de biogás no Brasil, por isso a importância de se seguir as normas da ABNT e também do Ministério do Trabalho, referentes à segurança do trabalhador (Portaria 3.214, 1978). A Tabela 01 apresenta alguns dos possíveis problemas que podem ocorrer em uma usina de biogás e suas respectivas opções de prevenção.

Figura 14: Sinalizações de uma usina de biogás.



Fonte: Acervo BGT (2013).

Tabela 1: Alguns problemas que a usina pode apresentar e a prevenções necessárias.

POSSIBILIDADE DE PERIGO	PREVENÇÃO
Explosão	Uso de tubulações com qualidade e de acordo com as especificações, monitoramento e inspeções constantes e sinalizações adequadas nas áreas de geração e armazenamento de gases, treinamento constante.
Formação de espuma	Dimensionamento de tanques e digestores, abertura de emergência no topo do digestor, sensores de espumas, monitoramento.
Vazamento de substratos	Prever uma bacia de contenção para emergências e barreiras de proteção.

POSSIBILIDADE DE PERIGO	PREVENÇÃO
Entupimento das tubulações	Dimensionamento dos equipamentos e das tubulações conforme o tipo de substratos. Monitoramento e manutenção conforme especificações.
Problemas de pressão (válvulas)	Válvulas específicas conforme as especificações de projeto.
Intoxicação	Treinamento e manipulação adequada dos equipamentos.
Higiene e limpeza	Treinamento, sinalização, áreas para higienização do staff, áreas para limpezas de equipamentos, controle sanitário e separação das linhas negras e brancas.
Segurança de trabalho	Treinamento, auditorias e monitoramento constante.
Problemas de operação	Softwares e hardwares adequados, treinamento do staff.
Acesso de pessoas não autorizadas	Monitoramento por câmeras, área protegida por cercas, sinalização adequada.
Vandalismo ou sabotagem	Monitoramento por câmeras, área protegida por cercas, sinalização adequada.

Fonte: Zimmermann, 2014.

Entende-se que a produção de biogás e, conseqüentemente de energia, não é uma atividade potencialmente poluidora, pois possui baixo nível de ruídos, os odores podem ser controlados e o efluente gerado é de composição orgânica, cujo odor é semelhante ao de adubo. Dessa forma, uma usina de biogás pode ser inserida em zonas urbanas sem causar inconveniência para a comunidade local.

3.12. Garantia e manutenção dos equipamentos

Considerando o avanço da Alemanha na implantação de usinas de biogás, hoje com mais de 8.000 plantas operando com vários tipos de resíduos orgânicos, é importante destacar a disponibilidade e variedade de fornecedores de equipamentos e serviços desenvolvidos, devido a grande demanda alemã. No entanto, a transferência tecnológica para o Brasil deve acontecer com avaliação de produtos locais, buscando nacionalizar o máximo de equipamentos possível, para uma maior eficácia na manutenção e garantia de produtos e serviços. O propósito é manter a usina operando o máximo de tempo possível, produzindo biogás e/ou biometano de forma contínua.

A seguir alguns pontos que merecem atenção quanto à contratação de serviços e compra de equipamentos:

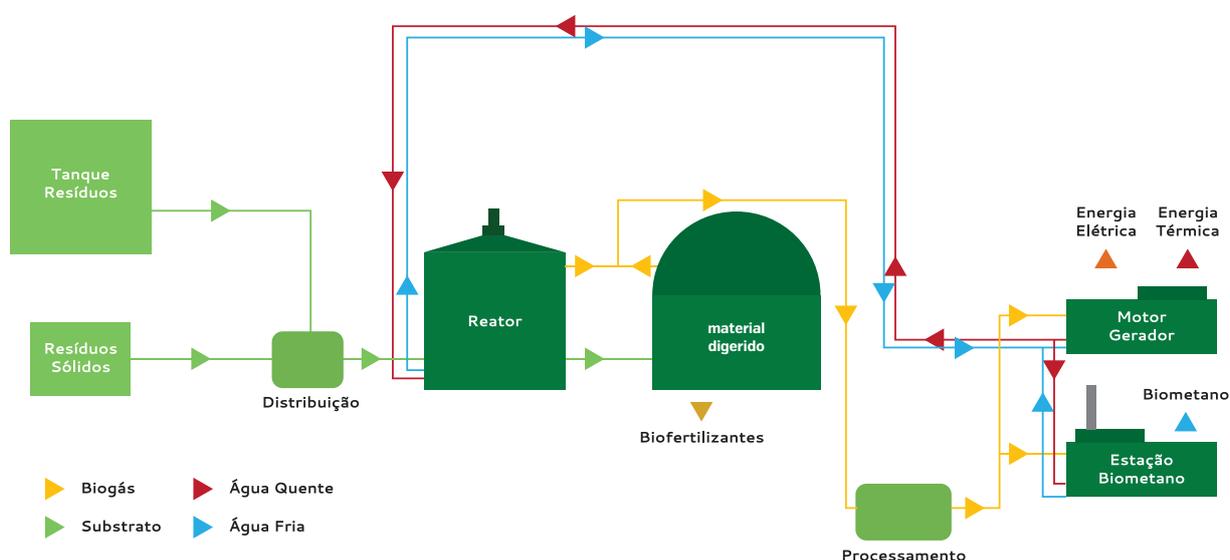
- >> Garantia de assistência técnica local (24h);
- >> Garantia sobre a construção civil e montagens;
- >> Garantia das instalações;
- >> Tempo de validade da garantia dos produtos e equipamentos;
- >> Seguro da planta;
- >> Estabelecer muitas contratuais;
- >> Garantia de fornecimento de materiais e substratos.

4

PROCESSO DE GERAÇÃO DE BIOGÁS DA USINA

O projeto prevê a implantação de uma usina de biogás de pequeno porte, com geração elétrica inicial estimada em até 100 kW e composta, principalmente, por um tanque receptor de resíduos, digestor anaeróbio, motor gerador, área para separação do digestato nas fases sólida e líquida, flare e conexão com a rede elétrica. A área escolhida, para a implantação da planta, possibilita a captação da quantidade de substratos suficiente para o *upgrading* da usina onde está previsto a implantação de um sistema de purificação de biogás para geração de biometano, conforme pode ser observado na Figura 15.

Figura 15: Diagrama básico da usina de biogás prevista.



Fonte: Elaborado por BGT [2014].

O processo se inicia com o recebimento diário dos substratos, ou seja, de dejetos suínos e demais resíduos. Os dejetos serão transportados através de tubulações específicas e bombeamento até a usina. Os efluentes líquidos gerados na planta serão despejados no tanque de recebimento, enquanto que, os resíduos sólidos gerados na operação e manutenção serão triados e corretamente destinados de acordo com suas especificações. Os tanques de recebimento, que receberão os substratos, são dotados de agitadores submersíveis e de um sistema de bombeamento controlado por nível – mínimo e máximo –, cuja função será a transferência dos dejetos para o digestor. Para manutenção das condições de higienização, o digestor possui sistema de agitação e um sistema térmico que tem, como fonte de calor, o circuito fechado de água proveniente da água de refrigeração do grupo motor-gerador. A temperatura mesofílica é mantida automaticamente através de uma malha de controle.

O volume de biogás produzido será continuamente armazenado no(s) gasômetro(s) e terá a composição estimada abaixo:

- >> 60% de Metano (CH₄);
- >> 38,7% de Dióxido de Carbono (CO₂);
- >> 0,1% de Monóxido de Carbono (CO);

- >> 0,5% de Nitrogênio (N₂);
- >> 0,4% de Hidrogênio (H₂);
- >> Traços de Gás Sulfídrico (H₂S);
- >> Outros 0,2%.

Fazem parte ainda do circuito de biogás, sistemas de controle de nível de vazão (demanda mínima e máxima de gás) e um queimador de segurança (*Flare*) para a queima da produção excedente de biogás.

O digestato, que é a matéria digerida dentro do fermentador, depois de um período de retenção, é encaminhado para o processo de separação de fases (sólido/líquido) e será utilizado como biofertilizante.

Também fará parte do arranjo uma bacia de contenção, revestida adequadamente, destinada a eventuais despejos de biofertilizante ou de dejetos suínos, quando a usina estiver em manutenção.

A central de geração de energia elétrica, tendo como combustível biogás, terá emissões de NO_x < 500 mg/Nm₃ (5% O₂ residual) o que atende as regulamentações ambientais vigentes.

Toda a planta será controlada automaticamente através de um sistema de controladores lógicos programáveis (CPL), sendo que a sala de controle será localizada na imediação do módulo de cogeração e da subestação elevadora. Também nessa área, estará localizada a central de controle do processo biológico, na qual serão realizadas análises biológicas sistemáticas de acompanhamento com acesso integrado a área de pesquisa e capacitação do complexo.

A entrada em operação, ou seja, o *start up*, é um aspecto delicado na operação. Por esse motivo, uma equipe especializada fará uma inspeção e treinamento com a equipe antes do *start up* da planta.

4.1. *Upgrading* da planta para geração de biometano

Um dos objetivos principais desse projeto é a geração de biometano. Para esse processo entrar em operação é necessário que a planta esteja em pleno funcionamento, com equipe treinada e com toda a logística de processos operando de forma constante. O *upgrading* consiste na implantação dos equipamentos de purificação do biogás e do sistema de captação e armazenamento de CO₂ (subproduto do processo). Além disso, deve-se estudar as necessidades de adequações nas estruturas da planta e do centro de pesquisa e capacitação para atender um maior recebimento de substratos, principalmente dejetos, e produção de dois novos produtos (biometano e CO₂).

4.2. Riscos e recomendações para a usina de biogás

Alguns aspectos são importantes para manter o bom funcionamento da planta de biogás. São ações que devem ser implantadas em todo o processo que envolve desde a geração e recebimento dos substratos até a produção dos produtos finais.

4.2.1. *Treinamentos dos operadores*

Os profissionais que atuam como operadores da usina devem passar por treinamentos específicos e atuarão em vários setores da usina. Por esse motivo,

o treinamento da equipe deve incluir todos os processos relevantes para o bom funcionamento da planta de biogás, tais como o manejo correto dos substratos, aspectos de higiene, limpeza, segurança, prevenção de acidentes, noções sobre o trabalho laboratorial, automação da planta, entre outros. Os operadores também devem estar aptos a transferir seus conhecimentos técnicos operacionais aos colaboradores do centro de pesquisa e capacitação.

Para gerenciamento da usina, faz-se necessário um responsável que domine todos os processos e conheça profundamente a operação da planta. Este profissional deverá monitorar e controlar a operacionalidade da planta, mantendo uma relação de troca de informações constante com toda a equipe técnica.

4.2.2. Custos de operação

Nos cálculos dos custos de operação – OPEX de uma planta de biogás é muito importante considerar os cenários e a estrutura da equipe de profissionais que atuará como colaboradores da usina. Principalmente nesse caso, por se tratar de uma planta de pesquisa e capacitação, a volatilidade da receita não pode prejudicar a atuação e nem a estrutura e qualidade da equipe de operação.

4.2.3. Fornecimento de resíduos

Assim como em qualquer outro processo produtivo, a matéria-prima é um aspecto essencial e deve-se assegurar sua disponibilidade constante durante todo o período de produção. No caso da usina de biogás proposta, a matéria-prima é são os dejetos de suínos, cama aviária, resíduos orgânicos de indústrias alimentícias e efluentes orgânicos gerados na própria planta.

No caso dos dejetos de suínos, que é o substrato principal desse projeto, é necessário haver a segurança de sua disponibilidade e um plano alternativo para eventuais problemas de disponibilidade. O planejamento deve considerar contratos com os fornecedores de dejetos e plano alternativo com outras fontes de resíduos ou outros fornecedores de dejetos que possam repor as quantidades necessárias em casos de emergência.

No projeto proposto, os dejetos de suínos serão transportados através de tubulações entre as granjas até a caixa de armazenagem e o tanque de recepção da planta. Tubulações novas serão instaladas para esse processo, evitando assim a entrada de água de chuva ou elementos que podem comprometer a qualidade dos dejetos, esse processo contribui também para que os dejetos não tenham contato com o solo, evitando a contaminação.

O transporte dos dejetos através das tubulações pode ocorrer por gravidade ou bombeamento. Independente do processo, deve-se manter um acompanhamento constante dos equipamentos para garantir a recepção desse substrato. A cama aviária e os resíduos das indústrias alimentícias serão coletados e transportados por caminhões, de forma que deve se garantir que as vias de acesso estejam sempre em boas condições de tráfego e segurança.

Atenção especial, também deve ser dispensada, para o controle sanitário desses resíduos, pois qualquer tipo de problema com doenças ou medicamentos nas granjas pode comprometer a qualidade do resíduo fornecido para a usina.

O monitoramento e análises constantes da qualidade dos resíduos devem ser efetuados na estrutura da usina; análises diárias de produção de

biogás, qualidade e composição serão feitas na própria planta. Controles da qualidade dos substratos serão feitos periodicamente, p. ex. de duas em duas semanas. Qualquer alteração na produção do biogás é um sinal de alerta para realização de análises de confirmação não periódica dos substratos.

Para garantia da qualidade dos dejetos de suínos, principal substrato dessa usina, alguns controles no manejo dos animais são necessários:

- >> Redução na quantidade de água, objetivando uma maior concentração de sólidos nos dejetos;
- >> Controle da sanidade animal, separando o animal doente ou o lote de animais medicados para que os dejetos não sejam misturados aos dos animais saudáveis;
- >> Controle no uso de materiais detergentes e de desinfecção, como água sanitária e cloro, que influenciam diretamente a produção de biogás.

Uma equipe da usina orientará os produtores participantes do projeto quanto ao manejo dos animais antes do início da operação. Essa equipe fará também um monitoramento constante do manejo, sugerindo adequações necessárias, como por exemplo troca de bebedouros ineficientes e *by pass* para separar a água de lavação.

Os produtores também deverão receber um Manual de Manejo para auxiliar no processo de conscientização dos benefícios do bom manejo, tanto para o produtor, quanto para a usina.

4.2.4. Equipamentos

Em relação aos equipamentos, a usina, obrigatoriamente, deverá ter um contrato de manutenção e serviço com a empresa fornecedora. Os operadores serão treinados para pequenos serviços de manutenção. Equipamentos como o motor-gerador devem possuir monitoramento constante por equipe técnica e de manutenção. Essas ações, bem como o monitoramento eletrônico da usina, garantem uma maior eficiência de operação da planta.

Todos os equipamentos da usina de biogás devem ser especialmente desenvolvidos para operarem com essa tecnologia. Não serão usados equipamentos que ainda estão em teste ou de uma tecnologia que não pertença à mesma usada nas usinas de biogás. Para testes de equipamentos desenvolvidos pela área de pesquisa e capacitação, um plano técnico financeiro especial deverá ser avaliado previamente para que não comprometa a geração da receita necessária da planta e seus devidos contratos de fornecimento de produtos.

4.2.5. Incêndio ou explosão

Uma falha eletromecânica ou operacional poderá comprometer a planta, para minimizar esse risco é preciso aplicar, de forma constante, o esquema de segurança baseados em normas brasileiras e internacionais vigentes que se aplicam a usinas de biogás.

Abaixo são listados alguns itens de prevenção contra incêndios ou explosões:

- » Treinamento e atualização constante da equipe de profissionais que operam a usina;
- » Inspeções periódicas pela equipe da usina e também por profissionais das empresas fornecedoras que prestam serviço de assistência e manutenção.
- » Manutenção constante dos equipamentos, conforme especificações técnicas;
- » Contratação de seguro para o empreendimento;
- » Acompanhamento constante do sistema de monitoramento de todos os equipamentos essenciais da planta;
- » Acompanhamento por colaborador da usina, quando de visita de pessoas estranhas;
- » Sinalização de áreas de risco e também avisos proibitivos;
- » Todo o complexo da usina deve ter equipamentos de proteção contra incêndio.

Com a integração do complexo de pesquisa e capacitação, os controles de acessos de pessoal, visitas acadêmicas, pesquisas direcionadas, etc., deverão ser planejados e monitorados sempre por um responsável, para que não haja interferências alheias que possam comprometer o funcionamento e a segurança da planta de biogás.

4.2.6. Estrutura e responsabilidades

Uma estrutura organizacional bem definida é de extrema importância para o estabelecimento de responsabilidades, que impacta diretamente no bom funcionamento da usina. No projeto da usina modelo, essa estrutura deve ser elaborada juntamente com a estrutura do centro de pesquisa e capacitação, incluindo-se as áreas administrativa e jurídica.

Além de observadas as questões internas da usina (operação, administração, etc.), deve-se observar os aspectos relativos ao recebimento de substratos e à entrega dos produtos gerados. No caso dos substratos, são atividades importantes para o monitoramento: disponibilidade de água e substratos, estrutura local da rede de esgoto, riscos ambientais, infraestrutura de acesso e de comunicação, etc. Já com relação à entrega dos produtos, deve atentar para necessidade de conexão com a rede elétrica ou instalação de uma subestação de energia, contratos de compra e venda de energia elétrica ou possibilidade de injeção do biogás/ biometano na rede pública existente, etc.

No caso do projeto da usina de pesquisa e capacitação, os aspectos administrativos, econômicos e jurídicos devem estar muito bem alinhados entre as três interfaces da usina: a planta de biogás, a área de pesquisa e a área de capacitação.

5

ÁREA DE IMPLANTAÇÃO

O local previsto para a implantação deste projeto estará localizado no bairro de Santo Antônio, aproximadamente 12 km do centro do município de Concórdia, próximo à zona rural.

A capacidade atual da referida granja é de criação de 3.600 matrizes com filhotes, os quais permanecem nas instalações por um período de 24 dias, vide Figura 16. O plantel gera em torno de 70 m³ de dejetos por dia. Os dados da granja podem ser observados na Tabela 02. As instalações são compostas de 4 galpões para alojamento dos animais e 1 galpão para compostagem, todos com 150 m de comprimento, além da área para o carregamento dos leitões, vestuário para os 24 funcionários e escritório.

Figura 16: Granja de matrizes da região.



Fonte: Acervo BGT (2013).

Tabela 2: Dados referentes a granja exemplo para o projeto.

DESCRIÇÃO	VALORES
Número de matrizes	3.600 cabeças
Produção de dejetos	70 m ³ /d
Produção de biogás	1.400 m ³ /d

Os dejetos desta unidade são tratados em uma planta de compostagem, apresentada na Figura 17, e o composto é destinado para venda ou simples troca por maravalha. Ressalta-se que o proprietário não possui atividades agrícolas que possibilitariam a aplicação do composto. As instalações da granja são novas e adequadas para o manejo eficiente dos dejetos, com sistema de queda por gravidade e controle de água. A alimentação dos animais é realizada de forma automatizada.

A granja em questão está situada em um terreno com altitude mais elevada em relação ao entorno, possibilitando o transporte dos dejetos através de tubulações e, possivelmente, apenas por ação da gravidade.

Figura 17: Planta para compostagem.



Fonte: Acervo BGT (2013).

No entorno desta propriedade existem outras granjas de suínos, proporcionando uma disponibilidade de dejetos de até $\approx 140 \text{ m}^3/\text{d}$, o que possibilita, numa fase seguinte do projeto, um aumento na quantidade de entrada dos substratos e subsequente *upgrading* da planta para produção de biometano.

O local pré-selecionado para implantação deste projeto possui uma área de 30.000 m^2 e está disponível para aquisição. A localização do terreno pode ser visualizada na Figura 18.

Figura 18: Localização do terreno.



Fonte: Google Earth (2013).

A Figura 19 apresenta a localização da granja tomada como exemplo nesse estudo e as demais granjas que se localizam no entorno do possível terreno da usina.

Figura 19: Localização das granjas de suínos em relação ao terreno do projeto.

 Granjas de suínos

Fonte: Google Earth (2013).



6

LICENCIAMENTO AMBIENTAL DA USINA DE BIOGÁS

O Licenciamento Ambiental é um procedimento administrativo estabelecido na Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81 – alterada pelas Leis 7.804/89 e 8.028/90; regulamentada pelos Decretos 89.336/84, 97.632/89 e 99.274/90), através do qual o Poder Público (federal, estadual ou municipal), exige dos interessados em desenvolver atividade potencial ou efetivamente poluidora a elaboração de estudos ambientais, planos e programas de controle e monitoramento de impactos ambientais.

Para isso, ficou definido por meio da Resolução Nº. 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (alterada pelas Resoluções CONAMA 011/86 e 237/97) que a construção, a instalação, a ampliação e o funcionamento de quaisquer atividades e estabelecimentos utilizadores de recursos naturais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como capazes de causar a degradação ambiental dependem de prévio licenciamento.

A Legislação Ambiental do Estado de Santa Catarina, no decreto 14.250, de 05 de junho de 1981, que regulamenta a lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980, que dispõe sobre a proteção e melhoria da qualidade ambiental, no artigo 69, determina que:

A instalação, a expansão e a operação de equipamentos ou atividades industriais, comerciais e de prestações de serviços, dependem de prévia autorização e inscrição em registro cadastral, desde que inseridas na listagem de atividades consideradas potencialmente causadoras de degradação ambiental.

A Resolução CONSEMA de 2006, que aprova a listagem das atividades consideradas potencialmente causadoras de degradação ambiental para o estado de Santa Catarina e, conseqüentemente, passíveis de licenciamento ambiental, e estabelece o tipo de estudo ambiental necessário, classifica, em seu Anexo I – Atividades Passíveis de Licenciamento Ambiental e Respectivos Estudos Prévios, entre os serviços de infraestrutura, a produção de energia elétrica (ou termelétrica) com até 10 MW de potência instalada como sendo um empreendimento de pequeno porte. Para essa classificação é exigido um Estudo Ambiental Simplificado (EAS). O enquadramento não se difere com relação ao combustível utilizado para geração de energia.

6.1. Tramitação do processo de licenciamento ambiental

Em linhas gerais, as competências para tramitação do processo de licenciamento ambiental encontram-se estabelecidas na Resolução CONAMA nº 237/97.

Ao órgão ambiental estadual cabe o licenciamento de empreendimentos ou atividades com significativos impactos ambientais, localizados ou desenvolvidos em dois ou mais municípios, em unidades de conservação de domínio estadual, cujos impactos ambientais diretos ocorram em área intermunicipal ou quando o município não possui estrutura para realizar licenciamento.

Conforme estabelece a Resolução CONAMA nº 237/97, em seu Art. 10, § 1º, no procedimento de licenciamento ambiental deverá constar, obrigatoriamente, a certidão da Prefeitura Municipal, declarando que o local e o tipo de empreendimento ou atividade estão em conformidade com a legislação aplicável de uso e ocupação do solo.

O processo de licenciamento é realizado em três etapas e, para cada uma delas são exigidos estudos e documentos específicos para a emissão das licenças. Na primeira etapa é emitida a licença prévia (LP), na segunda, a licença de instalação (LI) e, por fim, a licença de operação (LO). No estado de Santa Catarina o licenciamento é de responsabilidade da Fundação do Meio Ambiente - FATMA. O prazo para emissão das licenças varia consideravelmente dependendo do órgão licenciador e da qualidade dos estudos ambientais exigidos, mas, como estimativa, tem-se um prazo de 6 meses para emissão de cada licença.

A LP é a licença solicitada na fase de planejamento da atividade e não autoriza a execução de quaisquer obras destinadas à implantação da atividade/ empreendimento. A LP tem prazo de validade de até dois anos e declara a viabilidade do projeto e/ou localização de equipamento ou atividade, quanto aos aspectos de impactos ambientais e diretrizes do uso do solo.

A LI é o documento que deve ser solicitado antes da implantação do empreendimento. Nessa etapa, entre outros documentos, são solicitadas: cópia de autorização de corte expedida pela FATMA (quando couber), as licenças das prefeituras municipais e o Relatório de Detalhamento dos Programas Ambientais. A concessão da LI implica no compromisso do interessado em manter o projeto final compatível com as condições de seu deferimento, tem prazo de validade de até três anos e autoriza a implantação da atividade e instalação de equipamentos, com base no projeto executivo final.

A LO é a licença solicitada após a instalação da atividade/ empreendimento e antes do início de sua operação. A concessão da LO implica no compromisso do interessado em manter o funcionamento dos equipamentos de controle da poluição, de acordo com as condições de seu deferimento, tem prazo de validade de até oito anos e autoriza o funcionamento do equipamento, atividade ou serviço, com base em vistoria, teste de operação ou qualquer meio técnico de verificação.

6.2. Supressão da vegetação

A supressão da vegetação para fins de implantação de um empreendimento e manutenção da faixa de segurança é uma atividade que exige prévia obtenção de Autorização de Corte concedida pelos órgãos ambientais. Para isso, normalmente é exigido o inventário florestal da área de influência direta (AID), o qual constitui elemento de análise, e posterior vistoria de campo.

No bioma Mata Atlântica este tema é norteado pela Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica e estabelece a proibição de corte, exploração e supressão de vegetação. Admite-se excepcionalmente a supressão de vegetação quando necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública e interesse social, mediante autorização do órgão estadual competente com anuência prévia do IBAMA.

Através dos aparatos legais supracitados são feitas restrições para a supressão nos estágios médios e avançados de regeneração florestal, prevenindo-se algumas possibilidades de manejo para o estágio inicial.

Quando houver justificada necessidade de supressão vegetal em Área de Preservação Permanente (APP), os procedimentos encontram-se estabele-

cidos na Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, em que esta possibilidade é regrada:

[...] poderá ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesses sociais, devidamente caracterizados e motivados em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao Empreendimento proposto.

Outro aparato legal é apresentado na Resolução CONAMA 369, de 28 de março de 2006, que dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente - APP. O órgão ambiental licenciador avaliará os possíveis impactos, definindo as medidas compensatórias e mitigadoras a serem implementadas pelo empreendedor.

No caso de Santa Catarina, a FATMA normalmente tem adotado a postura de consultar o IBAMA antes de emitir parecer para supressão de vegetação e instalação de empreendimentos em Área de Preservação Permanente (APP), solicitando a devida anuência.

6.3. Planos e programas

Na área de abrangência do empreendimento, deve-se obter informações junto a Prefeitura Municipal de Concórdia, bem como junto ao DEINFRA e CELESC, se não existem planos e programas previstos a serem implantados, mais especificamente na Área de Influência Direta - AID. Esse procedimento se faz necessário para evitar sobreposição de uso de recursos e/ou infraestrutura existente, causando sobrecarregamento dos sistemas.

Ao longo do processo de licenciamento, quaisquer planos ou projetos que venham a ser definidos serão acrescentados ao processo de licenciamento, objetivando evitar conflitos futuros e integrar potencialidades entre projetos na mesma região.

6.4. Estudo ambiental simplificado

A crescente preocupação com o meio ambiente tem levado o país a exercer uma política ambiental cada vez mais efetiva e abrangente. Essa nova política ambiental pode ser constatada na legislação em vigência.

Os estudos ambientais exigidos no processo de licenciamento visam a caracterização da atividade e da sua área de influência, além da identificação dos possíveis impactos ambientais positivos e negativos. O rigor dos estudos varia de acordo com potencial poluidor e porte da atividade.

O empreendimento proposto nesse estudo se caracteriza como de pequeno porte (<10 MW) e, apesar da atividade (produção de energia termelétrica) se caracterizar como de grande potencial poluidor, o estudo exigido nesses casos é o Estudo Ambiental Simplificado (EAS).

O EAS deve ser elaborado por equipe interdisciplinar de empresa independente e idônea, registrada no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental mantido pelo IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. O EAS também deve apresentar soluções técnicas e ações para prevenir, minimizar ou mitigar

os impactos negativos e potencializar os impactos positivos previstos após instalação e durante a operação da usina.

De maneira geral, o EAS deve conter as informações gerais, caracterização do empreendimento, diagnóstico ambiental, análise integrada do meio ambiente, identificação e avaliação dos impactos ambientais, medidas de controle ambiental, culminando com a proposta dos programas de controle e monitoramento das ações na implantação da usina, objetivando evitar, minimizar e controlar os impactos ambientais negativos e potencializar os impactos positivos.

6.5. Projeto básico ambiental

O Projeto Básico Ambiental (PBA) é um documento imprescindível no processo de licenciamento ambiental de um empreendimento.

No processo de licenciamento ambiental da usina de biogás, a apresentação do PBA é a etapa que sucede à elaboração do chamado EAS, com o qual o empreendedor obtém a Licença Prévia (LP).

Os impactos ambientais caracterizados no EAS são classificados quanto à sua natureza, duração, magnitude, reversibilidade, temporalidade, abrangência, importância, caráter, forma como se manifesta possibilidade de mitigação ou compensação, etc. Em função desta caracterização, propõem-se programas ambientais para controle e redução dos impactos previstos.

O Projeto Básico Ambiental (PBA) da usina objetiva apresentar, em nível executivo, os programas ambientais indicados no Estudo Ambiental Simplificado, permitindo aos órgãos ambientais competentes analisá-los adequadamente, avaliando sua eficácia e permitindo ao empreendedor avaliar de forma mais exata os programas propostos, assim como as responsabilidades ambientais que lhe cabem. Alguns programas que podem ser aplicados ao PBA:

- » Programa de Gestão Ambiental Integrada;
- » Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar;
- » Programa de Monitoramento da Qualidade das Águas;
- » Programa de Monitoramento das Águas Pluviais e Controle dos Processos de Erosão e de Assoreamento;
- » Programa de Gestão Ambiental dos Resíduos Sólidos;
- » Programa de Gestão Ambiental dos Efluentes Líquidos Industriais e Domésticos;
- » Programa de Manejo e Resgate da Fauna Terrestre;
- » Programa de Manejo e Resgate da Flora;
- » Programa de Recuperação de Áreas Degradadas;
- » Programa de Monitoramento do Controle de Vetores e do Transporte de Dejetos Suínos e Biofertilizantes;
- » Programa de Compensação Ambiental;
- » Programa de Comunicação Social;
- » Programa de Educação Ambiental;
- » Programa de Apoio ao Desenvolvimento Social;
- » Programa de Estudo de Tráfego e Vias de Acesso;
- » Programa Arqueológico.

O plano de controle ambiental da obra deve atender a atual tendência de enfatizar a adoção de medidas preventivas de cuidados com o meio ambiente, para evitar ou reduzir os impactos causados pelas obras e pela presença de um contingente significativo de trabalhadores, vindos de fora, na região de inserção do empreendimento.

Outras ações tais como: reservar o solo orgânico retirado para posterior recuperação das áreas degradadas, destinar adequadamente os resíduos gerados no canteiro e capacitar os trabalhadores para um comportamento adequado em relação ao meio ambiente e à população local, constituem outras tantas medidas que diminuem os custos da recuperação posterior dos locais das obras, além de reduzir os impactos ambientais advindos da implantação do empreendimento.

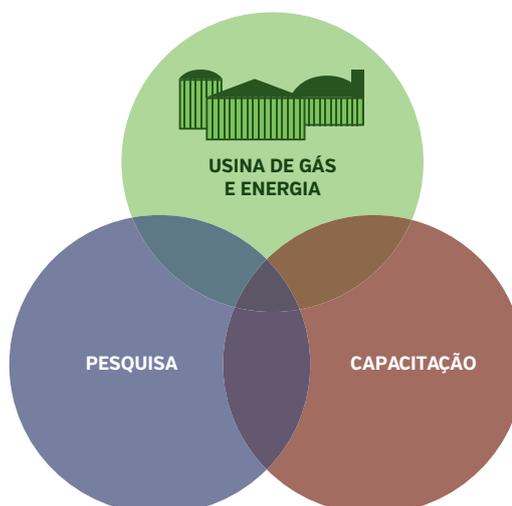
7

PROGRAMA DE PESQUISA E CAPACITAÇÃO INTEGRADO À USINA

Para complementar o projeto da usina modelo, o complexo para pesquisa e capacitação deverá ser implantado juntamente com a planta de biogás. Esse complexo permitirá a pesquisa e formação em diferentes áreas, como as de engenharia mecânica, elétrica, química, ambiental, civil, também na área de biologia, química, tratamento de águas residuais, fertilizantes, nacionalização de equipamentos e tecnologias, etc.

Para a usina modelo de Concórdia se busca um arranjo com foco na integração igualitária entre os três elementos do projeto e que seja possível de replicação em outras regiões do país. A Figura 20 ilustra este conceito que visa o desenvolvimento tecnológico na área de biogás com interação entre atores dos setores científico, acadêmico e privado.

Figura 20: Arranjo técnico para Usina de Pesquisa e Capacitação.



Fonte: Elaborado por BGT (2013).

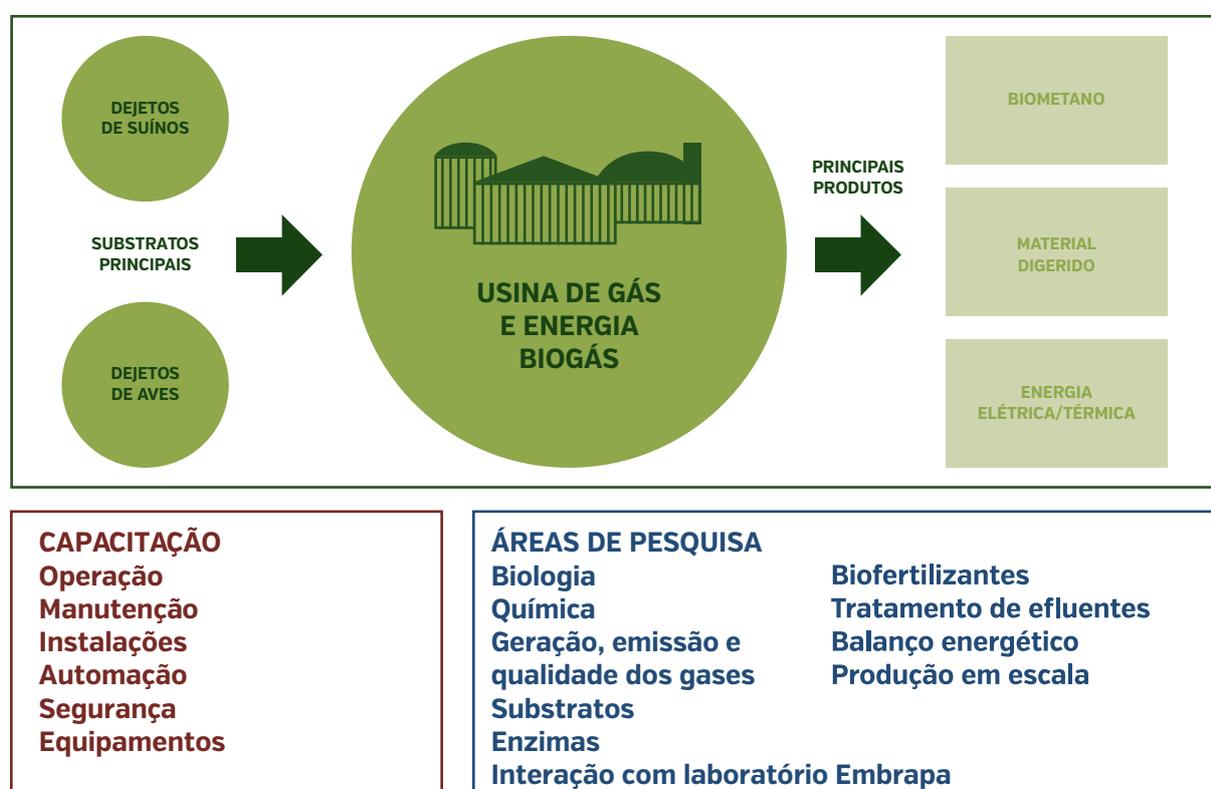
A interação entre os três elementos do arranjo técnico pode ser visualizada na Figura 21, na qual há total relação entre a usina de biogás e as áreas de pesquisa e capacitação.

A multidisciplinaridade de uma usina de biogás possibilita muitas configurações para pesquisas. Algumas possibilidades são ressaltadas a seguir:

- >> Caracterização e potencial de produção de gás a partir de diferentes substratos.
- >> Sistemas de preparação (moagem, esterilização, secagem, etc) e mix de substratos.
- >> Caracterização das microfloras e manipulação de comunidades biológicas.
- >> Análise microbiológica de novos substratos em relação a otimização de processos.
- >> Avaliação de novos aditivos (produtos enzimáticos, microelementos) para potencializar a produção de biogás.
- >> Estudos de diferentes sistemas de digestão.
- >> Hidrodinâmica, tempo de retenção hidráulica e tempo de mistura (dinâmica de fluidos).

- >> Caracterização da composição dos diferentes materiais digeridos resultantes e possibilidades de destinação com foco no reuso em áreas agrícolas.
- >> Materiais e balanços energéticos.
- >> Emissão de gases de operação da usina.
- >> Estabilidade de processo em condições operacionais críticas.
- >> Investigação dos efeitos de escala.
- >> Estudos sobre nacionalização de equipamentos e processos.

Figura 21: Interação da Usina, Pesquisa e Capacitação.



Fonte: Elaborado por BGT (2014).

7.1. Usina de pesquisa do DBFZ

O modelo base para o desenvolvimento deste projeto é a Usina de Pesquisa em Biogás (Forschungsbiogasanlage) do DBFZ (Deutsches Biomasseforschungszentrum) cujo diagrama pode ser visto na Figura 22. Nesse tópico serão comentados algumas características da usina do DBFZ que estão melhor detalhados no Anexo II, Stinner *et al.* (2014).

A planta de pesquisa do DBFZ foi desenvolvida com os seguintes objetivos:

- >> Validar o modelo do DBFZ de processo cinético;
- >> Realizar pesquisas sobre os diferentes processos cinéticos em diferentes modelos de digestores e sob diferentes opções de gerenciamento;

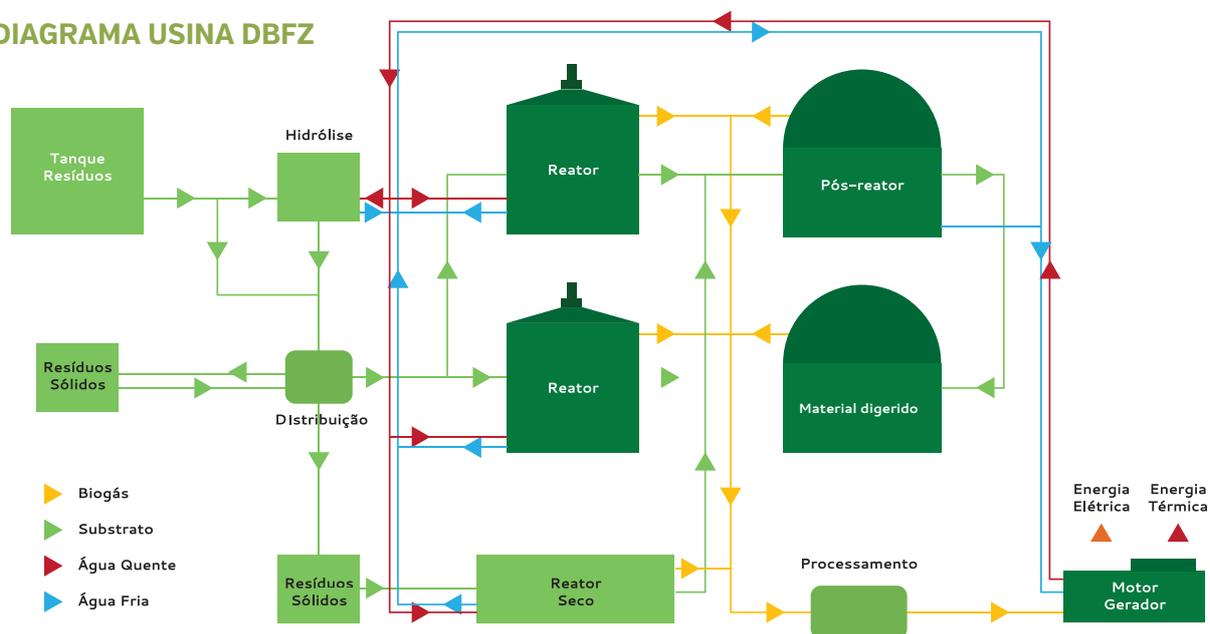
- >> Avaliar novos aditivos, como enzimas e microelementos, e de medidas para o tratamento do substrato, etc;
- >> Otimizar processos com novos substratos; flexibilização do processo de biogás – produção de gás em relação às necessidades do sistema de energia com o aumento das fontes de energia flutuantes como eólica e solar;
- >> Estudar diferentes opções de utilização do gás;
- >> Estudar diferentes opções de tratamento.

O local de implantação da planta de biogás do DBFZ foi escolhido com base nos seguintes argumentos: rápida transferência de pessoal dos laboratórios do DBFZ para a usina; rápida transferência de amostras da usina para os laboratórios; utilização dos equipamentos dos laboratórios para estudos da usina e vice-versa; demonstração da escala real da tecnologia para visitantes do DBFZ.

Como a usina está instalada dentro do DBFZ, ou seja, no centro da cidade de Leipzig, tem-se duas desvantagens principais: (1) altos custos com transporte de substratos para a usina e material digerido para as áreas rurais e (2) falta de espaço para estocagem desses materiais.

Figura 22: Diagrama básico da usina de pesquisa DBFZ, Leipzig.

DIAGRAMA USINA DBFZ



Fonte: Adaptado de DBFZ [2014].

A usina do DBFZ contém dois digestores iguais do tipo CSTR com agitador central e compartimento fixo para o gás, um digestor CSTR pequeno que pode operar para a digestão completa ou apenas para a hidrólise em sistema bifásico; um digestor horizontal tipo *plug-flow* (fermentador seco); um digestor CSTR com agitador lateral combinado com o armazenamento de gás (pós-fermentador) vedado com dupla membrana; um tanque para o armazenamento do material digerido com agitador lateral combinado com o armazenamento de gás também vedado com dupla membrana; um tanque para o

armazenamento do substrato líquido com uma membrana para proteção das emissões; dois sistemas de alimentação, um *mixer* para substratos sólidos e líquidos e um tipo parafuso para matéria seca destinado ao *plug-flow*, além de todo sistema de tubulações e sistema elétrico. Além disso, a planta ainda conta com um prédio, onde estão localizados os escritórios, laboratórios, salas de reunião, cozinha, etc., sendo a estrutura administrada pelo DBFZ.

A equipe da usina de biogás do DBFZ, no conceito básico sem considerar projetos de pesquisas especiais, é formada por dois cientistas em nível de pós-graduação – um diretor técnico e um diretor de pesquisa –, dois profissionais em nível técnico, sendo um em tempo integral e um por meio período. Esses profissionais, além dos trabalhos relacionados às pesquisas, também desenvolvem serviços como de manutenção e acompanhamento de visitantes. Pode haver necessidade de profissionais extras dependendo do conceito da pesquisa a ser realizada.

O gasto anual da usina incluindo materiais de consumo e a logística, que engloba o transporte de substratos e material digerido do/ para o DBFZ e áreas agrícolas, gira em torno de 50.000 a 100.000 euros. Esses gastos são sustentados pelo próprio DBFZ através de subsídios do governo alemão e financiamento de pesquisas solicitadas pelas empresas.

A configuração da usina do DBFZ permite simular os processo de produção de biogás de mais de 90% das usinas do país, devido à quantidade e tipos de equipamentos.

A energia elétrica produzida na planta alimenta a própria rede do DBFZ e a energia térmica alimenta um sistema de aquecimento comum compartilhado com um parque de pesquisa vizinho. Ressalta-se que a planta tem como objetivo principal obter resultados para pesquisas na área de biogás e não a geração da energia em si.

7.2. Programa de capacitação e estágios

A área de capacitação da usina de biogás despertará o interesse de vários grupos de ensino como escolas, universidades e centros de pesquisas. Essa área também atrairá a atenção de entidades públicas e privadas e da própria comunidade local.

Pode-se destacar algumas atividades e temas de pesquisa de interesse dos atores supracitados e que poderão ser trabalhos na usina modelo:

- >> Facilitar a inserção do biogás como fonte de geração de energia a partir do tratamento de resíduos orgânicos;
- >> Contribuir para a viabilização econômica dos projetos, através de desenvolvimento e nacionalização de equipamentos e soluções tecnológicas;
- >> Treinar e capacitar os profissionais da área técnica para atuarem na área de manutenção, operação, assistência e desenvolvimento de produto.
- >> Elaborar estudos sobre possibilidades de aumento na produtividade de biogás;
- >> Desenvolver conceitos adequados de biogás para as realidades locais.

O programa de treinamento de um operador de uma planta de biogás, por exemplo, é muito importante para contribuir com o sucesso na replicação de usinas de biogás por todo o Brasil. Recomenda-se desenvolver conceitos adequados de formação para a realidade local com profissionais brasileiros em interação com especialistas em treinamento de biogás internacionais criando assim, mão de obra especializada para a realidade brasileira.

Um programa de treinamento de operadores deve incluir, minimamente, assuntos como operação, administração/ gestão, manutenção, conhecimentos de instalações, controle de automação e processos, controle de qualidade de substratos, conceitos de digestão anaeróbia, conceitos de saúde e segurança.

Após o período de capacitação, os alunos devem passar por avaliações teóricas e práticas e receber a devida certificação, comprovando a sua aptidão para operar usinas de biogás ou atuar na área específica de seu treinamento.

7.3. Integração com laboratório de biogás na Embrapa suínos e aves

A integração da usina de pesquisa e capacitação com o laboratório de biogás na Embrapa Suínos e Aves é fundamental para comprovações de resultados. Pesquisas mais aprofundadas podem ser realizadas em parceria, contribuindo para melhor entendimento das tecnologias e processos. Além disso, garante-se uma transferência de resultados e experiências entre as partes.

Vários tópicos de pesquisas poderão ser trabalhados com essa integração, como por exemplo:

- >> Caracterização e potencial de geração de biogás de diferentes substratos;
- >> Sistemas de preparo (moagem, esterilização, secagem, etc.) e mistura de substratos;
- >> Caracterização da microflora e manipulação orientada de comunidades biológicas;
- >> Estudo de diferentes rotas de digestão de acordo com as especificações dos substratos;
- >> Hidrodinâmica, tempo de residência e de mistura (dinâmica de fluidos);
- >> Estudo sobre a destinação do digestato;
- >> Materiais e balanço energético;
- >> Emissões de operação da planta;
- >> Estabilidade do processo em condições operacionais críticas;
- >> Investigação dos efeitos de escala.

Nota-se que os temas a serem trabalhos serão multidisciplinares, o que contribui para a capacitação de profissionais, estudantes e pesquisadores de diferentes áreas.

Além da parceria com o laboratório da Embrapa Suínos e Aves, a usina modelo também contará com um laboratório próprio de menor escala para análises básicas de controle. Esse laboratório poderá ser utilizado em parceria com a Embrapa e demais parceiros da região.



ARRANJO ECONÔMICO DA USINA DE BIOGÁS

Mesmo como planta piloto, é importante a geração de receita, que pode ser obtida, por exemplo, através de taxas por recepção de resíduos orgânicos, venda de biofertilizantes (podendo ser sólido e ou líquido), venda de energia elétrica, venda de energia térmica, venda do biometano (para rede de gás ou para utilização em veículos) e venda de gás carbônico industrial. Na área de pesquisa e capacitação é importante, também, a geração de receita através de pesquisas públicas e privadas, obtenção de patentes e cursos de formação. Pode-se utilizar os sistemas de captação de recursos do SENAI e da própria Embrapa como modelo para a usina a ser implantada, inclusive buscando uma atuação como parceiro dessas instituições.

Esse capítulo trata dos aspectos econômicos da usina de biogás e suas considerações para fundamentar uma possível apresentação para as instituições de pesquisa e capacitação parceiras e, juntamente, com o plano de negócios dessas instituições, fundamentar um plano geral do complexo de usina de biogás para pesquisa e capacitação.

8.1. Aspectos econômicos

O projeto da usina de biogás deve possibilitar todo o desenvolvimento técnico da geração de energia a partir do tratamento de resíduos, mas também será importante na demonstração da viabilidade econômica de empreendimentos com várias escalas e com vários tipos de substratos.

No caso específico de uma usina de pesquisa e capacitação (UPC), mesmo ela sendo subsidiada por meio público e ou privado, seus custos de operação e manutenção e também suas receitas devem estar explícitas de forma a ser um parâmetro e contribuir para geração de cenários financeiros para outros projetos de usinas.

As possíveis fontes de receita de uma usina de biogás foram destacadas no início desse capítulo. Como despesas principais, tem-se os custos operacionais, tais como manutenção de equipamentos e obras civis, consumo de energia elétrica e térmica, transporte de substratos e produtos, pessoal operacional e custos administrativos, impostos e taxas, seguros e segurança da planta.

8.2. Capex

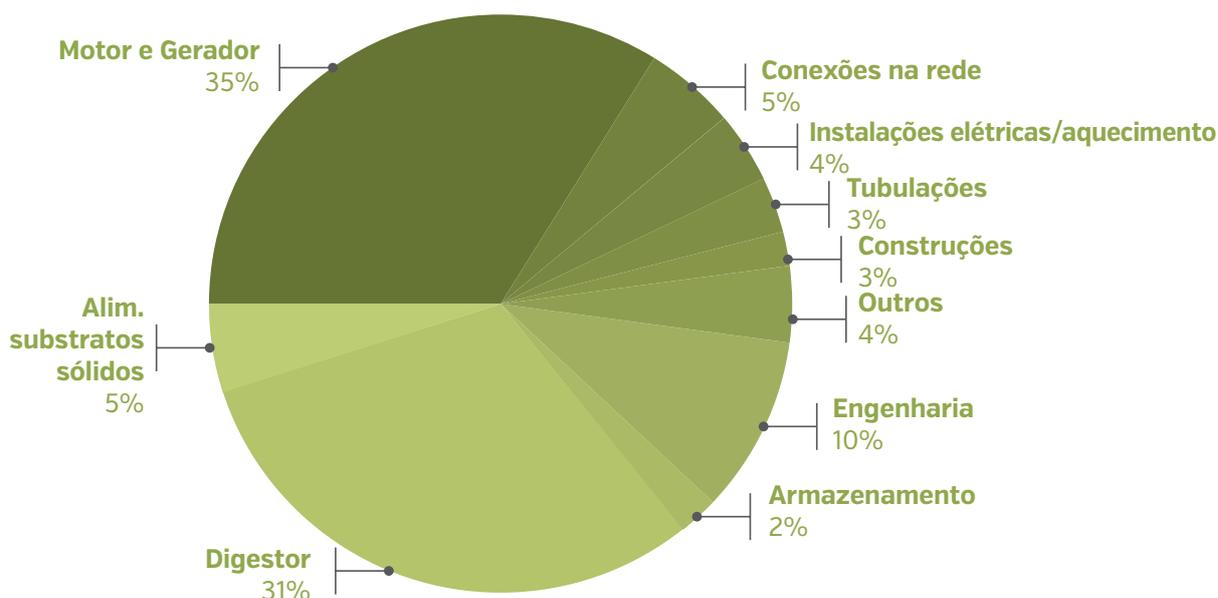
O investimento total da usina, ou seja, o CAPEX, que inclui todo o processo de implantação e aquisição de equipamentos até a usina começar a operar e gerar energia, é composto principalmente, por:

- >> Estudos e engenharia;
- >> Licenciamentos;
- >> Custos de administração e gerenciamento;
- >> Área de implantação;
- >> Construções civis;
- >> Instalações gerais;
- >> Instalações elétricas e hidráulicas;
- >> Conexão na rede elétrica ou gás;

- >> Sub-estação de energia;
- >> Tanques de armazenamento;
- >> Sistema de digestores;
- >> Equipamentos elétricos e hidráulicos (bombas, compressores, tubulações);
- >> Sistema de armazenamento de gás;
- >> Equipamentos de segurança;
- >> Sistema de purificação de gás;
- >> Motor gerador;
- >> Equipamentos eletrônicos;
- >> Veículos;
- >> Equipamentos de processamento para biofertilizante;
- >> Equipamentos de processo para captação de gás carbônico;
- >> Comissionamento.

Figura 23: Distribuição típica do CAPEX na Alemanha.

De acordo com Zimmermann (2014) os principais custos de CAPEX para plantas de biogás na Alemanha provêm do sistema de digestão e do motor gerador, como demonstrado, abaixo na Figura 23.



Fonte: Adaptado de Zimmermann (2014).

Os projetos em desenvolvimento no Brasil tem evidenciado o alto custo, ainda na importação de equipamentos, que podem chegar a um montante de até 30%, dependendo do projeto. Esse fato estimula o desenvolvimento e a busca constante por equipamentos e soluções nacionais, que contribuam para a viabilização de projetos em qualquer escala sem comprometer a eficiência da geração de energia e do tratamento dos resíduos.

8.3. Opex

Os custos de operação e manutenção do empreendimento, OPEX, são a chave para a continuidade do negócio. É muito importante a consideração de todas as despesas e gastos com reposição de equipamentos, manutenção e preven-

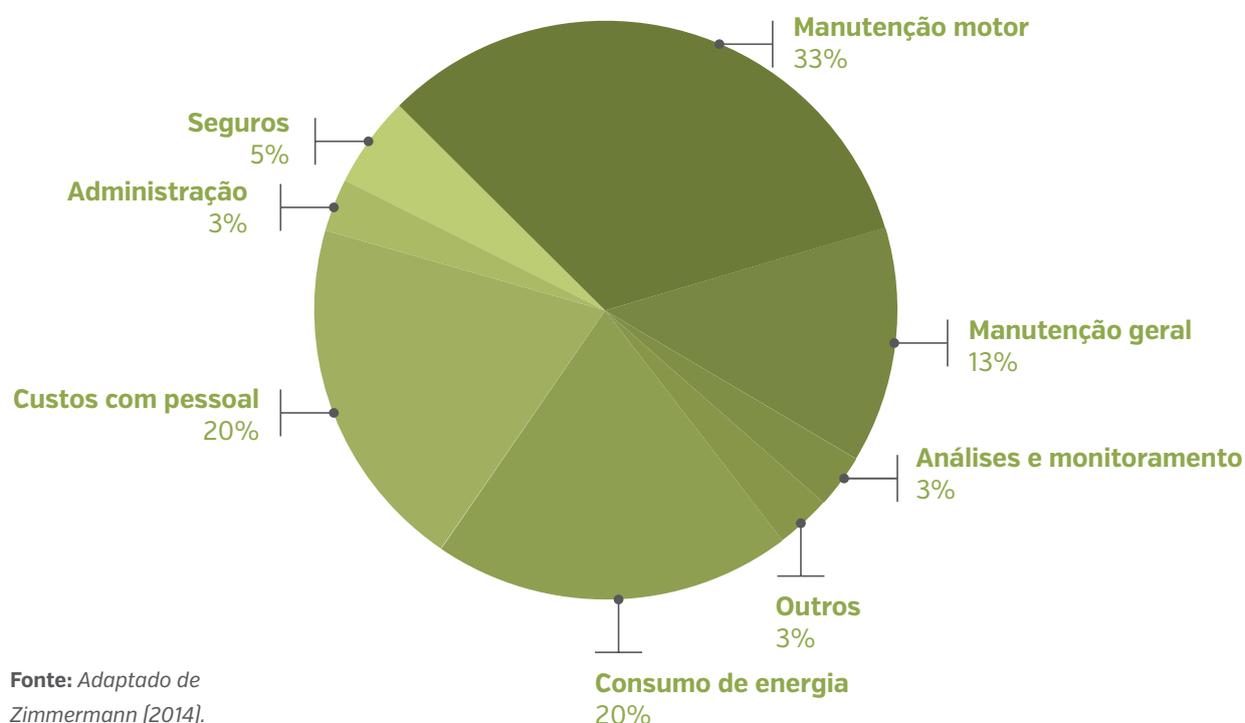
ção, para que a usina continue a ser eficiente e tenha sua “vida útil” conforme a estimada no plano de negócios, que em média gira em torno de vinte anos.

Segundo Zimmermann (2014), os principais fatores que influenciam no OPEX de uma usina de biogás são:

- >> Despesas com substratos;
- >> Custos de aplicação do material digerido;
- >> Energia elétrica para os processos;
- >> Custos com funcionários;
- >> Custos com análises e monitoramento;
- >> Materiais de consumo, principalmente com o motor gerador, como óleo;
- >> Manutenção geral;
- >> Manutenção e preventivos do motor gerador;
- >> Seguros;
- >> Administração;
- >> Outros.

Figura 24: Estrutura típica do OPEX na Alemanha sem custos com substratos e digestatos.

E os maiores custos provêm do autoconsumo energético, custos de manutenção – principalmente da manutenção do motor gerador – e custo de pessoal (ZIMMERMANN, 2014), como pode ser observado na Figura 24.



8.4. Equipe de operação

As usinas de biogás tem capacidade para funcionamento constante, ou seja, 24h por dia. Nos cálculos financeiros, o valor mínimo considerado para operação, ou geração de energias, é de 8.000 horas por ano. Para monitorar o

funcionamento da planta, além de todos os equipamentos de automação, monitoramento eletrônico, etc. é preciso de pessoal treinado e capacitado para exercer as várias funções.

Na Alemanha, muitas plantas são operadas pelo próprio proprietário, que geralmente é fazendeiro e o produtor de resíduos e substratos para a usina de biogás. Ele recebe treinamento adequado e contrata empresas de monitoramento e manutenção, que supervisionam a usina periodicamente. Esse modelo contribui na redução de custos do OPEX da planta, pois não há despesas diretas com funcionários internos da usina. Geralmente é possível esse modelo de operação em plantas pequenas (50KW) até plantas de 1MW, de geração elétrica.

Entende-se que plantas de maior escala serão mais usuais no Brasil e, nesses casos faz-se necessária a contratação de pessoal, inclusive em turnos diferentes, para garantir a supervisão constante. A contratação de empresas para manutenção de equipamentos como, motor gerador, bombas, automação, etc. é praticamente inevitável e deve ser sempre considerada no OPEX.

De acordo com Zimmermann (2014), para a boa operação de uma usina de biogás no Brasil, deve-se contratar equipe operacional para atuar nas seguintes áreas:

- >> Administrativa: geralmente contratado diretamente pelo proprietário da planta. O profissional é responsável por toda parte burocrática da usina, responde por toda a parte financeira, pessoal, contratos e interage com toda a equipe de operadores. É imprescindível o conhecimento sobre administração de negócios brasileiros;
- >> Operação: os profissionais de operação da usina podem ser contratados pelo proprietário da planta ou podem ser terceirizados, via uma empresa de prestação de serviços para usinas de biogás. O principal requisito, além da experiência e formação técnica é a disponibilidade, pois o profissional deve estar preparado para ter que atuar em casos de emergências ou de reposição de pessoal, para não comprometer a eficiência de funcionamento da planta. Ainda não existe disponibilidade de pessoal treinado para operar usinas de biogás no Brasil, o que reforça a importância de centros de capacitação nessa área, tais como a usina modelo em estudo. Para o bom funcionamento da planta, estimam-se para o Brasil, dois operadores trabalhando simultaneamente;
- >> Manutenção: praticamente as mesmas características do operador, acrescentando a necessidade de formação técnica especializada nos equipamentos da usina de biogás;
- >> Biologia e Análises Laboratoriais: o controle biológico é muito importante para manter o equilíbrio dentro do digestor e a consequente geração de biogás. O profissional deve constantemente monitorar a biologia através de análises de pH, H₂S, CH₄, CO₂, entre outras. As análises poderão ser realizadas no laboratório da usina e/ou em parceria com o laboratório da Embrapa Suínos e Aves;
- >> Material digerido: a destinação do material digerido, seja qual for, deve ser de responsabilidade de um profissional.

8.5. Aspectos econômicos de uma usina de pesquisa e capacitação

Toda usina de biogás deve detalhar sua planilha financeira com CAPEX e OPEX para a avaliação da sustentabilidade financeira da planta. No caso específico da usina proposta, que projeta um centro de pesquisa e capacitação em conjunto, faz-se necessário ajustar com os parceiros possíveis fontes de receitas e custos, assegurando os fluxos de caixa. O estudo financeiro, que será apresentado nos próximos capítulos, demonstrará a estimativa de receita e do custo operacional da usina e tentará estabelecer os valores operacionais e as ações para que possa ser sustentada financeiramente. Certamente, a UPC deverá buscar ações entre instituições públicas e privadas para complementar suas receitas e manter a qualidade a que se propõe, como ocorre em instituições de pesquisas, como a Embrapa, e outras entidades que trabalham com pesquisa aplicada, como o SENAI.

9

DESCRIÇÃO GERAL PARA CÁLCULOS FINANCEIROS DA USINA DE BIOGÁS DE CONCÓRDIA

Este capítulo apresentará a descrição dos itens necessários para o desenvolvimento e execução do projeto da Usina de Pesquisa e Capacitação a ser instalada no município de Concórdia – SC.

9.1. Produção

Considerando apenas os dejetos suínos como substrato principal a usina modelo terá a seguinte configuração:

- » Volume diário médio de dejetos suínos: de 70 m³ até 140 m³;
- » Período de recebimento de substratos: 24 h/d;
- » Biogás produzido - média com 70 m³/d de dejetos: 1.400 m³/d;
- » Potência nominal do grupo motor-gerador: até 100 kW;
- » Rendimento elétrico do motor-gerador: ~ 40%;
- » Consumo de biogás do motor: ~ 55 m³/h;
- » Fator de disponibilidade: 0,90;
- » Energia elétrica produzida: 800.000 kWh/ano;
- » Energia consumida pela usina: ~ 30 kWh.

9.2. Regime operacional

O regime operacional estimado para o projeto modelo está apresentado na Tabela 03.

Tabela 3: Números estimados de pessoal na usina de biogás.

DESCRIÇÃO	NÍVEL ESCOLAR		TOTAL
	SUPERIOR	TÉCNICO	
Operação	3	4	7
Manutenção	1	2	3
Biologia	1		1
Direção/Administração	1	1	2
Total	6	7	13

A operação ficará sob a responsabilidade do quadro de pessoal da usina, sendo este, devidamente capacitado e treinado em suas especialidades e dar-se-á sempre preferência a pessoas da região da usina. A elaboração do programa de operação e manutenção será em função do projeto e dos contratos de fornecimento de energia. Os alunos do complexo de pesquisa e capacitação deverão interagir com a equipe de profissionais da usina e com seus docentes via estágios supervisionados ou a critério das regras estabelecidas entre as instituições parceiras da UPC.

A manutenção de rotina será requerida ao longo do ano, normalmente durante dias úteis. Paradas programadas para revisão dos equipamentos de maior porte serão normalmente realizadas nos períodos de baixa demanda de energia elétrica e exigirão contratação de pessoal especializado. A cada

4.000 horas de operação do grupo motor-gerador, será necessária uma parada para revisão, o que requer a vinda de técnicos do fornecedor da máquina.

Atividades prévias de treinamento do pessoal de operação serão empreendidas durante a fase de construção. Parte do treinamento incluirá a participação de pessoal na implantação da usina e comissionamento dos vários equipamentos, tendo em vista a necessidade da sua familiarização com equipamentos principais, painéis de comando e controle e procedimentos de emergência.

9.3. Projeto executivo civil

Corresponde à caracterização detalhada das obras civis em nível compatível com a realização física da obra. Deverá ser elaborado a partir dos estudos realizados e em sincronia com a área de pesquisa e capacitação. De forma abrangente, o projeto executivo civil deve conter, entre outros:

- » Lista de documentos, incluindo desenhos, lista de materiais, relatórios, especificações técnicas e outros;
- » Desenhos gerais tais como: desenhos de locações, desenhos de edificações, desenhos de drenagens, serviços chaves, e outros;
- » Dimensionamento das escavações e aterros;
- » Estradas internas na área de implantação da usina e vias de acesso às granjas;
- » Subsídios para elaboração dos relatórios mensais de progresso, na parte relativa às atividades do Projeto Executivo Civil;
- » Elaboração do arranjo final em função dos equipamentos eletromecânicos/ biológicos adotados.

9.4. Projeto executivo estrutural

O projeto executivo estrutural compreende itens relacionados diretamente a estrutura do projeto, como segue:

- » Análise de tensão-deformação e dimensionamento estrutural das estruturas da obra tais como tanques, reatores e outros;
- » Análise dos desenhos eletromecânicos e de suas interfaces com o projeto civil;
- » Desenhos tais como: detalhes típicos (formas e armadura); camadas de concretagem; formas e listas de materiais.

9.5. Projeto executivo arquitetônico

Compreende o desenvolvimento do estudo arquitetônico das estruturas de concreto, arruamento, paisagismo, cercas e outros.

9.6. Projeto executivo mecânico

O projeto executivo mecânico compreende o desenvolvimento das seguintes atividades:

- >> Execução dos desenhos de interligação dos sistemas integrantes do processo;
- >> Elaboração dos desenhos de peças metálicas diversas;
- >> Compatibilização com o projeto civil dos equipamentos principais do processo;
- >> Compatibilização com os projetos elétricos necessários aos processos da usina tais como:
 - Recepção de dejetos;
 - Preparação dos substratos;
 - Circuitos trocadores de calor;
 - Equipamentos principais do digestor;
 - Circuitos dos biofertilizantes;
 - Automação da usina, e outros.

9.7. Projeto executivo elétrico

O projeto executivo elétrico engloba, entre outros, os seguintes itens:

- >> Especificação dos sistemas auxiliares;
- >> Projeto civil da subestação elevadora;
- >> Compatibilização com os projetos civil, mecânico e dos equipamentos principais.
- >> Compatibilização com os projetos de proteção contra incêndio.

9.8. Projeto executivo comando/proteção/instrumentação e processo biológico

Esse projeto diz respeito a toda parte de comando, proteção e instrumentação referentes ao processo integral da usina, ou seja, desde o recebimento dos dejetos até a interligação da usina com o sistema elétrico. Entre outros se citam:

- >> Interligação dos quadros de comando e proteção;
- >> Elaboração dos processos de:
 - Partida/parada do grupo gerador;
 - Automação da usina;
 - Acompanhamento da qualidade dos dejetos recebidos;
 - Acompanhamento da qualidade e quantidade do biogás e do biometano produzido;
 - Acompanhamento da qualidade e quantidade dos efluentes produzidos.

9.9. Dados existentes

A área pré-avaliada para usina, na região de Santo Antônio, em Concórdia, apresenta características geofísicas adequadas à implantação do empreendimento. As curvas de níveis são esparsas o que representa pequeno trabalho de terraplanagem.

Os granjeiros fornecedores dos dejetos serão fidelizados através de contratos, o que garante a quantidade de dejetos necessária à produção de energias quando essas contratadas.

9.10. Obras de infraestrutura e logística

Os itens relacionados a infraestrutura e logística necessários para a obra de implantação do projeto da usina modelo estão apresentados nos subitens seguintes.

9.10.1. Canteiro de obras

No local de implantação da usina será prevista uma área destinada ao canteiro de obras, de acordo com a Tabela 04.

Tabela 4: Áreas previstas para o canteiro de obras.

SETOR	ÁREA (m ²)
Portaria	4
Apoio de campo: escritório, sanitário, depósitos	50
Reservatório de água para o canteiro	12
Sumidouro de esgoto	8
Gerador e transformador de energia	24
Depósito de cimento e betoneiras	150
Alojamento	30
Cozinha	24
Refeitório	35
Vestiário	10

Não deverá ser permitido o acesso e trânsito de pessoas e equipamentos que não estejam envolvidos com a obra. Sempre que possível a área não deverá ser desfigurada e, após a demolição, a mesma deverá ser recomposta.

A energia elétrica necessária à execução da obra será fornecida pela distribuidora local e toda a água utilizada na fase de implantação do empreendimento será fornecida por caminhões-pipa, com capacidade média de 15 mil litros. Estima-se que no pico da construção civil haja um consumo de 8 m³/dia.

O canteiro de obras será dotado de um sistema de proteção contra incêndio, composto por conjuntos de extintores portáteis padronizados segundo as normas da ABNT. Todos os extintores serão localizados e demarcados segundo os padrões das respectivas normas técnicas.

Durante a obra, os efluentes sanitários dos banheiros químicos serão coletados por terceiros e encaminhado a aterros adequadamente licenciados. Os demais efluentes produzidos serão encaminhados ao sistema de tratamento constituído por fossa séptica e filtro anaeróbio.

A disposição final dos efluentes tratados, bem como de águas pluviais não contaminadas com resíduos oleosos, se dará no solo com o emprego de sumidouros. A construção deste sistema individual de tratamento e disposição final deverá respeitar as orientações estabelecidas pelas normas NBR-7229 (Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos)

e NBR-13969 (Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição dos efluentes finais líquidos – Projeto, construção e operação).

O sistema de drenagem de águas pluviais do canteiro de obras e do acampamento será composto por redes de drenagem superficial e subterrânea, a serem dimensionadas para condução das vazões de contribuição compatíveis com período de operação dos canteiros e acampamentos.

9.10.2. Acesso ao canteiro de obras

Não estão previstos novos acessos para a área de implantação do empreendimento além do existente. Qualquer acesso deve ser drenado, através de canaletas, todos os taludes produzidos por corte ou aterro, utilizando-se degraus e caixas de dissipação de energia, onde forem necessários.

Nos trechos onde for requerido corte do terreno, serão adotadas medidas de estabilização dos taludes, definição de áreas para os bota-foras, com os serviços de terraplenagem sendo balanceados com técnicas de construção compatíveis. Ocorrendo solos erodíveis, será executado um sistema de drenagem adequado e, se for necessário, proceder-se-á à proteção vegetal.

As estradas de acesso, quase sempre, necessitam de valas laterais e barreiras/terraços de água para facilitar a drenagem. Nesse caso, elas serão escavadas paralelamente à estrada e introduzidas canaletas de escoamento lateral, caso seja necessário utilizar cercas-filtro.

Após os primeiros períodos de chuva será necessário inspecionar os sistemas de drenagens, efetuando-se a manutenção adequada.

Será minimizado, ao máximo, na execução dos serviços de melhoria e/ou abertura de acessos, o transtorno causado pela alteração no cotidiano das comunidades situadas na área de influência direta da obra, pelas interferências nas propriedades e pelos impactos ambientais.

Os serviços de abastecimento de combustível e de lubrificação dos equipamentos, quando executados no campo por se tratar de uma atividade de risco, serão realizados com pessoal e veículos apropriados, de forma a evitar o derramamento de produtos no solo e os impactos ambientais que poderão advir dessa operação.

Será previsto um sistema de sinalização e de orientação, tendo-se em conta o volume de tráfego esperado. Serão tomadas medidas de segurança redobrada, em relação ao tráfego e sinalização, nas áreas urbanas situadas nas proximidades dos pontos de apoio logístico ao empreendimento.

As equipes de operadores de máquinas e equipamentos serão orientadas para o tráfego específico em áreas que envolvam riscos para pessoas e animais.

Serão adotadas normas que garantam a não agressão ao meio ambiente pelo tráfego de máquinas para evitar a destruição desnecessária de vegetação às margens dos acessos e proibir a descarga, no campo, de quaisquer materiais, como combustível, graxa, peças, restos de cabos, carretéis, concreto, etc.

Será reparado qualquer dano causado pelo transporte de pessoal, veículos, etc., às vias, pontilhões e outros recursos existentes, como cercas e culturas.

Após a conclusão da obra, as áreas dos acessos provisórios serão completamente retornadas às suas condições originais. As estradas de acesso terão que ficar nas condições anteriores à construção, a não ser que o proprietário da terra sugira alteração e que essas sejam aprovadas pelo empreendedor.

9.10.3. Mão de obra

Quanto à mão de obra a ser mobilizada para a implantação do empreendimento, está prevista a contratação, preferencialmente, de pessoal disponível no município de Concórdia e circunvizinhos.

Para os serviços de implantação do empreendimento, está prevista a mobilização de uma equipe de aproximadamente 70 pessoas, durante o pico da obra, como pode ser observado na Figura 25. Esta estimativa pode sofrer variações tendo em vista características próprias da empresa de construção a ser mobilizada para as obras.

Figura 25: Mobilização e desmobilização de mão de obra.

ESPECIALIDADE	MÊS																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Construção Civil	L	NL																				
Mecânica/Montagem	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Elétrica	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
Apoio	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
Efetivo Total	10	0	12	0	16	0	19	0	22	0	23	1	26	1	27	1	27	2	27	3	27	6

Legenda: L: Local - NL: Não Local

9.10.4. Suprimentos de materiais e serviços

Quanto ao suprimento de material, será dada preferência aos advindos dos municípios da região mais próximos da usina.

9.10.5. Planejamento da construção

O cronograma físico do projeto da usina modelo de pesquisa e capacitação pode ser consultado na Anexo III, incluindo os prazos previstos para a construção do empreendimento.

9.11. Geração de energia elétrica

A energia gerada na usina é considerada renovável e sua fonte primária é a biomassa, que será convertida em biogás através do processo de fermentação anaeróbia.

O biogás será convertido em energia elétrica através de um grupo gerador composto por um motor de ciclo Otto e um gerador síncrono. A energia gerada será disponibilizada no sistema interligado nacional.

O consumo/venda, desta energia, poderá ocorrer em dois cenários que são o mercado livre – ACL e o mercado regulado – ACR. No mercado livre são realizados contratos bilaterais de venda com os clientes livres, com comercializadoras de energia, ou com a distribuidora de energia que atende a região/Estado. Cada modalidade de venda tem um valor de MWh específico, com prazo

de fornecimento característico e neste projeto se buscou otimizar o valor de venda do excedente, a fim de se viabilizar financeiramente o negócio.

Por se tratar de fonte renovável de energia, os custos referentes ao uso dos sistemas de distribuição/transmissão possuem desconto de 100%, tanto para a fonte geradora como para o consumidor livre.

Considerando-se a potência instalada de até 100 kW e um fator de disponibilidade de 90%, a geração anual de energia elétrica será de 720.000 kWh, conforme demonstrado abaixo:

$$\text{Energia Gerada} = 100 \text{ kW} \times 8.000 \text{ h/ano} \times 0,90 = 720.000 \text{ kWh/ano.}$$

Considerando-se um consumo interno de 30 kWh temos uma geração líquida anual de 457.200 kWh/ano, de acordo com o cálculo que segue da energia gerada líquida (EGL):

$$\text{EGL} = 720.000 \text{ kWh/ano} - (30 \times 8.760 \text{ h/ano}) = 457.200 \text{ kWh/ano}$$

O valor de venda da energia considerado para cálculo, conforme custo local da CELESC de abril/2014, é de R\$ 250,00/MWh o que irá gerar uma receita de R\$ 114.300,00/ano (457,2 MWh x R\$ 250,00/MWh).

Além da geração de energia elétrica será possível, a partir do biogás, produzir gás purificado (mínimo 98% de metano) para distribuição por uma rede de gás ou comprimido para uso veicular.

O valor de venda mínimo, conforme custos da SCGÁS (Companhia de Gás do Estado de Santa Catarina), definido para a comercialização de gás purificado e comprimido a 200 bar é de R\$ 1,00/m³.

É importante ressaltar que os insumos necessários para a produção de energia elétrica e biogás purificado são distintos, ou seja, no caso da energia elétrica temos que considerar apenas o consumo interno para a planta anaeróbia e no caso do biogás purificado, além deste consumo, se deve incluir a energia térmica e ou elétrica necessária para purificação e compressão e deverá acontecer somente com o aumento de substratos na usina, previsto em uma segunda fase, com recepção diária de aproximadamente 140 m³/d de dejetos de suínos.

Os custos de investimento também são distintos nos dois casos e é fundamental que sejam verificadas as regulamentações específicas para cada caso.

Assim sendo, o projeto está definido para a venda de energia elétrica e considerou-se a alternativa da venda de gás purificado como uma oportunidade a ser desenvolvida brevemente, uma vez que, a receita com venda do mesmo é bem mais expressiva, porém há necessidade de desenvolvimento do mercado local e de análise do interesse em desenvolvimento tecnológico e de capacitação na área de biometano.

9.12. Aspectos tributários

A usina de biogás, normalmente opera na modalidade de lucro presumido e a venda de energia está sendo considerada sem a tributação de ICMS, devido a incentivos do governo do estado de Santa Catarina. Caso haja tributação, esse valor deve ser somado ao preço da venda.

10

DIMENSIONAMENTO ESTIMADO PARA A USINA DE BIOGÁS DE CONCÓRDIA

Baseado nas pré-avaliações das granjas do município de Concórdia, nas avaliações da área de implantação da UPC e na disponibilidade local de dejetos de suínos, bem como, no processo de fermentação baseado na tecnologia alemã, estimou-se o dimensionamento da planta.

De acordo com Zimmernamm (2014) as recomendações para uma planta de biogás com a finalidade de pesquisa e que se enquadram com a disponibilidade de dejetos locais são:

- a) Características da planta de biogás:
 - Produção de biogás: $< 3,0 \text{ m}^3/\text{m}^3 \times \text{d}$
 - Matéria orgânica: $< 4,0 \text{ kg MO}/\text{m}^3 \times \text{d}$
 - Tempo de retenção: min. 20 – máx. 35 d
 - Degradação da matéria orgânica: $> 95\%$
 - Sistema de digestão: CSTR – sistema contínuo
 - Temperatura: mesofílica
- b) Digestor:
 - Formato: cilíndrico
 - Diâmetro/Altura: preferência $D=A$
 - Sistema de Agitação: agitador central
 - Sistema de Aquecimento: trocador de calor externo
 - Cobertura: Metálico sem armazenamento de gás
 - Isolamento: Sistema de proteção externa simples – trapezoidal
 - Saída de substratos: sistema de transbordamento e registros.
 - Material: Concreto ou Aço
 - Acessibilidade: Abertura para manutenção – parte inferior
 - Manutenção: sem necessidade de esvaziar o tanque
 - Controle de processo: por sistema visual e de sensores.
- c) Sistema de Alimentação:
 - Tanque de armazenamento
 - Alimentação de líquidos: sistema de bombas
 - Alimentação de sólidos: sistema de bombas ou dosadores de sólidos.
- d) Tubulações:
 - Substratos: Aço ou PE
 - Gás: PE ou aço inox
- e) Armazenamento de gás:
 - Dimensões: 3-6 h
 - Tipo: Baixa pressão
 - Material: PE, PVC ou EPDM
- f) Limpeza de gás:
 - H_2S : Externo – sistema biológico/ adição de compostos de ferro/ carvão ativado/ sistema de ar dentro do digestor
 - NH_3 : Eliminação por sistema químico
 - H_2O : Sistema de Secagem

- g) Motor gerador – cogeração:
 Motor: Sistema de gás-otto (50-100KW).
 Montagem: Local
- h) Purificação de biogás:
 Dimensionamento: > 10 m³/h de biogás
 > 5 m³/h de biometano
 Sistema: Membranas
- i) Monitoramento:
 Controle de processo: temperatura, pressão, níveis de gás e substratos, Redox, pH, FOS/TAC, qualidade de gás
 Monitoramento: online e tele-controlado
- j) Automação:
 Emergência: sistemas e equipamentos de controles.
 Agitador e bombas: timers
 Componentes elétricos: produtos locais
 Central de controle: software próprio
 Sistemas de Alarme: pontuais e via telefone.
- k) Segurança
 Geral: sistema de segurança geral.
 Sistemas de Dispositivos: pontuais e simples.

Para a elaboração da planilha financeira de referência da usina de biogás para pesquisa e capacitação – UPC foi elaborado um pré-dimensionamento dos equipamentos para o levantamento orçamentário. A planilha será elaborada baseada na primeira fase da usina, com a entrada, principalmente, de dejetos de suínos na quantidade de 70 m³ diários e uma produção inicial estimada em 1.400 m³ de biogás e conseqüente geração de energia térmica e elétrica com o motor gerador com capacidade máxima de 100 kW. Os dados estimados para produção nas fases I e II da UPC podem ser observados na Tabela 05. A segunda fase da usina, com recepção prevista de até 140 m³ diários de dejetos de suínos terá também seus valores de investimentos estimados.

Tabela 5: Produção estimada de biogás da UPC.

FASE DE PROJETO	TIPO DE SUBSTRATOS	QUANTIDADE DE SUBSTRATOS	TEOR DE METANO	SÓLIDOS TOTAIS	SÓLIDOS VOLÁTEIS	BIOGÁS (m ³ /d)
I	Dejetos Suínos	70t/d	63%	6%	80%	1400
II	Dejetos Suínos	140t/d	63%	6%	85%	2800

Outros dados importantes a serem considerados para elaboração da planilha financeira e para o arranjo inicial são: o motor gerador a ser utilizado na usina terá um consumo de 48 m³/h de biogás; na fase II a disponibilidade para geração de biometano será de 57,3 m³/h de biogás, este valor irá cor-

responder a $\sim 34 \text{ m}^3/\text{h}$ de biometano; para geração de biofertilizante sólido (como substrato) a disponibilidade de geração será de, aproximadamente, 1.200 t/a, na fase I.

Da mesma forma, é importante ressaltar que existe a possibilidade de inserção de outros substratos em até 30 m^3 ou ton/dia como: cama aviária, restos da indústria de alimentos, resíduos de frigoríficos, etc, aumentando a capacidade de geração dos produtos da usina, além de abrir outras possibilidades de pesquisas e capacitação para a UPC. No entanto essa questão depende do interesse das instituições envolvidas no projeto e da disponibilidade desses substratos.

O arranjo inicial da usina modelo de biogás de Concórdia pode ser visualizado na Figura 26 incluindo a descrição dos principais equipamentos. No entanto, este arranjo da usina poderá sofrer alterações durante o projeto do complexo de pesquisa e capacitação, conforme o desenvolvimento do empreendimento com as instituições parceiras.

O orçamento da usina de biogás de Concórdia foi elaborado tendo como base as seguintes características dos principais elementos do projeto:

Figura 26: Arranjo inicial da usina de biogás de Concórdia e descrição dos principais equipamentos.



Fonte: Elaborado por BGT [2014].

Tanque de recebimento dos dejetos suínos (2)
 Tempo de retenção hidráulico = 0,25 h;
 Volume diário estimado = $140 \text{ m}^3/\text{dia}$;
 Tempo de recebimento de despejo = 24 horas;
 Volume de recebimento máximo = $200 \text{ m}^3/\text{dia}$.
 Dimensões principais:
 Altura útil de líquido máx. = 3,00 m;
 Altura total = 3,30 m;
 Diâmetro = 10,00 m;
 Material = concreto armado – construção local;

Tipo = cilíndrico – semienterrado;
Quantidade = 01.

Tanque de recebimento de resíduos sólidos (2)
Volume de recebimento máximo estimado = 30 m³;
Altura útil de líquido = 1,80 m;
Altura total = 2,30 m;
Diâmetro = 5,00 m.
Características gerais do tanque:
Material = concreto armado – construção local;
Tipo = cilíndrico – semienterrado;
Quantidade = 01.

Digestor (3)
Tempo de retenção hidráulico estimado = 20 dias;
Volume diário estimado = até 140m³/dia;
Volume do digestor = 3.803 m³.
Dimensões principais:
Altura útil de líquido = 8,00 m;
Altura total = 8,47 m;
Diâmetro = 23,91 m.
Agitação por Digestor:
Densidade de potência = até 10 W/m³;
Potência total = 15 kW;
Modelo: central;
Complexidade de Importação: 80%.
Quantidade = 01
Características gerais do tanque:
Material = aço carbono revestido internamente;
Tipo = fechado acima do nível do solo;
Base = concreto armado com fundo isolado;
Isolamento Externo = com isolamento térmico;
Cobertura = sólida metálica;
Complexidade de Importação: 65%;
Quantidade = 01

Tanque do digestato (7)
Tempo de retenção hidráulico = não necessário;
Volume do tanque = 275 m³.
Dimensões principais:
Altura útil de líquido = 3,50 m;
Altura total = 4,40 m;
Diâmetro = 10,00 m.
Características gerais do tanque:
Material = aço carbono revestido;
Tipo = coberto acima do nível do solo;
Base = concreto armado;
Complexidade de Importação = 70%;
Quantidade = 01.

Bacia de contenção (9)
Dimensões: 35 x 50 x 2,5 m;
Impermeabilizado pelo uso de geomembrana;
Construção local.

Grupo Motor-gerador (5)
Potência nominal = 100 kW;
Eficiência elétrica = aprox. 40,0%;
Ciclo = Otto;
Peso Aproximado = 5 t em container.

Armazenamento de gás (6)
Tipo = bag em EPDM com baixa pressão;
Volume = menor de 1000 m³;

Área de automação-controle e laboratório (1)
Tipo de Construção = alvenaria;
Área estimada = 90 m².

Área de processamento digestato (8)
Tipo de Construção = alvenaria;
Área estimada = 80 m².

11

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Na área de implantação do empreendimento, a usina irá gerar efluentes provenientes dos seguintes fontes:

- » Refeitório e esgotos sanitários;
- » Drenagem do tanque de armazenamento;
- » Drenagem do digestor;
- » Drenagem do tanque do digestato;
- » Reagentes das análises de acompanhamento do processo biológico;
- » Mistura água/óleo proveniente da manutenção de equipamentos;
- » Águas pluviais.

Os efluentes provenientes do refeitório, esgotos sanitários, drenos dos equipamentos principais, reagentes de laboratório e purga da torre de equilíbrio de temperatura serão conduzidos ao reservatório de recebimento de dejetos suínos e serão tratados juntos com o dejetos no digestor.

As drenagens dos tanques de armazenamento, digestor e tanque do digestato, quando necessárias, também serão conduzidas ao poço de recebimento quando for necessário, uma vez que a frequência de ocorrência é muita reduzida e o volume pequeno.

No caso do esvaziamento de um material digerido, para efeito de manutenção, o seu volume total poderá ser conduzido à bacia de contenção e ao tanque do material digerido, retornar ao processo de fermentação ou ser utilizado com biofertilizante.

No caso de esvaziamento do tanque do material digerido, o seu volume total será conduzido para os produtores como biofertilizante.

As águas pluviais terão basicamente duas características que são:

- » Contaminadas com óleo;
- » Águas coletadas em outras áreas.

As águas contaminadas com óleo serão oriundas das áreas de descarga de dejetos e das oficinas mecânicas. Estas águas serão conduzidas a um separador água/óleo antes do seu descarte na bacia de contenção. O óleo será conduzido para local adequado para reprocessamento.

As outras águas pluviais das vias de trânsito serão conduzidas a caixas de retenção de sólidos, distribuídas de forma adequada ao longo das vias, antes do seu descarte. Nas áreas não construídas está se prevendo cobertura com grama e brita.

O grupo motor-gerador será acondicionado em container não havendo nenhum descarte de água ou óleo que tenha que ser coletado continuamente. Quando da troca de óleo de um grupo motor-gerador, o mesmo será descartado de forma adequada para reprocessamento em planta licenciada.

12

ORÇAMENTOS

Os equipamentos foram dimensionados e calculados com base na quantidade de matéria orgânica ou de sólidos totais analisados nos dejetos suínos, considerando-se o dimensionamento do processo de fermentação anaeróbia da tecnologia adotada na Alemanha.

O custo total da instalação e a produção anual de energia elétrica são apresentados visando quantificar os custos diretos e indiretos para a etapa inicial de 70 m³/d de dejetos suínos.

Os valores relacionados com a implantação do projeto da usina modelo, as despesas anuais estimadas para o projeto estão apresentados nas Tabelas 06 e 07, respectivamente.

Tabela 6: Itens orçados para o projeto da Usina de Biogás de Concórdia.

DESCRIÇÃO	VALOR TOTAL (R\$)
Projeto Básico, Licenciamentos, Ações Sócio- Ambientais	800.000,00
Recepção de Substratos Líquidos	120.275,00
Recepção de Substratos Sólidos	65.045,00
Sistema de Bombas	143.190,00
Digestor	1.861.473,50
Limpeza e Armazenamento de Biogás	646.500,00
Motor Gerador	786.000,00
Tanque do Material Digerido	471.830,00
Processamento de Sólidos	395.970,00
Bacia de Contenção e Tratamento de Efluente	960.000,00
Flare	166.000,00
Conexão em Rede	385.000,00
Automação e Controle	500.000,00
Sala de Controle, Laboratório, Administração	190.000,00
Infraestrutura	120.000,00
Start Biológico e Treinamento	428.000,00
Montagens e Comissionamento	280.000,00
Incêndio	98.000,00
Segurança	167.000,00
Veículos	120.000,00
Controle de Gás	203.572,50

DESCRIÇÃO	VALOR TOTAL (R\$)
Instalações Hidráulicas	258.000,00
Instalações Elétricas	180.000,00
Tubulações	590.000,00
Projetos e Engenharia	1.148.000,00
Administração e Gerenciamento de Obra	600.000,00
Valor Total para Implantação	11.683.856,00

Tabela 7: Despesas anuais estimadas para Usina de Biogás de Concórdia.

DESCRIÇÃO	VALOR TOTAL (R\$)
Funcionários	610.488,00
Administração e Contabilidade	36.000,00
Aux. Alimentação	69.600,00
Consumo Combustível - Veículos	6.480,00
Manutenção Motor Gerador	30.240,00
Manutenção Geral da Usina	68.800,00
Manutenção e Seguro - Veículos	7.200,00
Monitoramento	80.000,00
Análises Laboratoriais	28.800,00
Tratamento de Efluente e Material Digerido	40.320,00
Despesas com materiais e limpeza	9.000,00
Licenças	96.000,00
Seguros e Vigilância	55.200,00
Total Geral Anual	1.138.128,00

13

PLANILHAS FINANCEIRAS

Em modelos de negócio de usinas de biogás são utilizados modelos de planilhas financeiras que analisam vários cenários relacionados ao fluxo de movimentação financeira baseados na geração de todos os produtos, com consequente receita, da planta.

Essas planilhas podem variar conforme modelos internos de empresas investidoras e bancos financiadores, mas tecnicamente elas abrangem os mesmos aspectos relacionados a CAPEX, OPEX, DRE, FLUXO DE CAIXA, TIR E VPL.

O modelo utilizado para esse estudo é de uma planilha financeira padrão, desenvolvida pela BGT e auditada pelo BRDE (Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul).

Como se trata de um projeto dependente de estímulos financeiros públicos e ou privados, a planilha financeira foi desenvolvida como um modelo de negócio para investidores, considerando os juros e o sistema de financiamento disponível atualmente para o ramo de energia renovável.

Baseado nos resultados financeiros dessa planilha é possível estimar com maior clareza as necessidades financeiras parceira da UPC. Pode-se utilizar também para a montagem de um programa final para a implementação da usina de pesquisa e capacitação.

13.1. Premissas de geração

Em relação às premissas são computados todos os produtos gerados pela usina, a somatória mensal de geração e a porcentagem de sua eficiência (fator de disponibilidade), como pode ser observado na Tabela 08. No caso do projeto de Concórdia, estabeleceram-se dois produtos iniciais, a energia elétrica e a venda do biofertilizante. Com o avanço do projeto, juntamente com as instituições parceiras outros produtos podem ser inseridos como uma possível venda de excedente de energia térmica, biofertilizante líquido e, em uma possível inserção de resíduos sólidos, poderá ser computado o valor para a recepção desse resíduo e o aumento de energias relativas a ele. Na fase II, com a implantação do sistema de purificação de gás, poderão constar no quadro de Premissas os valores relativos à produção de biometa-no e gás carbônico industrial.

Tabela 8: Premissas – Planilha financeira Usina de Biogás de Concórdia.

DADOS TÉCNICOS – GERAÇÃO		
	ENERGIA ELÉTRICA (MWh)	FERTILIZANTE (t)
Produção mensal	50	105
Fator de disponibilidade	90%	98%
Geração líquida total – ano	544	14.592
Receita inicial	1	1
Total	6	7

13.2. Premissas do projeto

As premissas do projeto elencam os dados gerais da planilha financeira para os devidos cálculos. Nessa planilha, conforme demonstrado na Figura 27, são informados os dados relativos ao investimento, depreciação dos equipamentos, preço de venda dos produtos gerados e a estimativa de algumas taxas a serem lançadas durante o período estimado de vida útil da planta, que é de vinte anos.

Ainda como premissas do projeto a parte de financiamento determina os valores financiados e os valores de EQUITY (valor que será aportado), taxas de juros do financiamento, seus devidos prazos e impostos a serem aplicados durante o prazo de geração de receita da usina, como pode ser observado na Figura 28. Da mesma forma, neste caso, se destaca a importância do desenvolvimento desse projeto com outras instituições e o apoio do setor público para se buscar isenções de impostos, visto a importância do empreendimento para o fomento à geração de energia a partir de resíduos, para a formação de mão de obra capacitada e para o desenvolvimento tecnológico da região.

Figura 27: Premissas do Projeto – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia.

PREMISSAS PROJETO USINA CONCÓRDIA	
Dados Técnicos – Geração	
Geração Fertilizante Substrato – ton/ano	14.592
Energia Elétrica – MWh	544
Investimento	
Obras Investimento Fixo	28,56%
Demais Itens	71,44%
Depreciação Média	5,51% (vida útil obras civis, 20 anos; equipamentos e instalações, 20 anos)
Data de Início das Obras	janeiro – 2015
Meses de Construção	12
Data da Entrada em Operação	janeiro – 2016
Preço de Venda	
R\$/ton Fertilizante	100,00
Venda Energia Elétrica MW/h	250,00
Parâmetros	
Dividendos	0,00% (sobre lucro líquido)
Infraestrutura	12,00% (a.a.)

PARÂMETRO MACRO – UGE CONCÓRDIA				INDEXADORES						
DISCRIMINAÇÃO	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
IGP-M/IPCA	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
IGP-M/IPCA Acumulado	1,0600	1,1236	1,1910	1,2625	1,3382	1,4185	1,5036	1,5938	1,6895	1,7908
TJLP	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%
TJ-462	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%
CDI	8,85%	8,75%	8,45%	8,00%	7,50%	7,50%	7,50%	7,50%	7,25%	7,25%
DISCRIMINAÇÃO	ANO 11	ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	ANO 16	ANO 17	ANO 18	ANO 19	ANO 20
IGP-M/IPCA	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
IGP-M/IPCA Acumulado	1,8804	1,9744	2,0731	2,1768	2,2856	2,3999	2,5199	2,6459	2,7782	2,9171
TJLP	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%	5,50%
TJ-462	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%
CDI	7,00%	7,00%	6,75%	6,75%	6,50%	6,25%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%

Figura 28: Premissas do Projeto-Financeiro – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia.

FINANCIAMENTO		
Valor do Financiamento	8.762.892	
Part. Financ./Invest. – BNDES/Aut.	50,0%	4.381.446
Part. Financ./Invest. – Linha PSI	50,0%	4.381.446
Equity	25,0%	2.920.964
Prazos		
Amortização BNDES/Aut.	144 meses	
Amortização Linha PSI	96 meses	
Carência BNDES Aut.	24 meses	
Carência Linha PSI	24 meses	
Taxa de Juros		
BNDES Aut. (R. Bás. + Tx Interm)	1,40% ao ano	
BNDES – PSI – Custo Total	5,50% ao ano	
Remuneração Agente	3,00% ao ano	

JUROS CAPITALIZADOS DURANTE A CARÊNCIA										
	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
ICSD	-	1,06	-	1,09	0,70	0,77	0,86	0,96	1,20	1,34
	ANO 11	ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	ANO 16	ANO 17	ANO 18	ANO 19	ANO 20
ICSD	1,34	0,07	0,20	0,23	0,26	0,29	0,33	-	-	-

Tributação		
	Lucro Presumido	Alíquotas
PIS		0,65% sobre a receita bruta
COFINS		3,00% sobre a receita bruta
IRPJ		15% sobre 8% da receita bruta
ADICIONAL DE IRPJ		10,00% sobre o lucro que exceder R\$ 240mil
CSLL		1,08% sobre 12% da receita bruta
ISS		0,00% sobre 12% da receita bruta

13.3. Usos e fontes

Na Figura 29, referente aos Usos e Fontes, indicam-se os valores da implantação do projeto e as suas proporções. Atentos ao índice dos itens equipamentos importados que, para fins de financiamentos bancários, é importante o valor não ultrapassar quarenta por cento. No caso do projeto da usina de Concórdia, prioriza-se ao máximo a utilização de equipamentos nacionais.

Figura 29: Usos e Fontes – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia.

QUADRO DE USOS E FONTES DO PROJETO						
DISCRIMINAÇÃO	A REALIZAR					
USOS	TOTAL	1º TRIMESTRE	2º TRIMESTRE	3º TRIMESTRE	4º TRIMESTRE	%
1. Custos Indiretos	271.187	27.11	81.356	81.356	81.356	2,3%
2. Obras Civi	1.128.000	112.800	338.400	338.400	338.400	9,7%
3. Instalações e Montagens	1.279.000	127.900	383.700	383.700	383.700	10,9%
4. Máquinas e Equipamentos	2.208.876	220.888	662.663	662.663	662.663	18,9%
5. Importados	2.884.687	288.469	865.406	865.406	865.406	24,7%
6. Estudos e Engenharia	1.401.000	140.100	420.300	420.300	420.300	12,0%
7. Infraestrutura	120.000	12.000	36.000	36.000	36.000	1,0%
8. Taxas e Custos de Importação	1.807.106	180.711	542.132	542.132	542.132	15,5%
9. Custos Diversos	324.000	32.400	97.200	97.200	97.200	2,8%
10. Treinamento	120.000	12.000	36.000	36.000	36.000	1,0%
11. Veículos e Informática	140.000	14.000	42.000	42.000	42.000	1,2%

13.4. Faturamento

Com os índices registrados nas Premissas do Projeto se estabelece a receita estimada para os vinte anos de operação da usina de biogás, esses dados são importantes para a inclusão no Fluxo de Caixa e demais planilhas de avaliação do investimento. Os valores da projeção de receitas podem ser visualizados na Figura 30.

Figura 30: Projeção de Receita – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia.

PROJEÇÃO DE FATURAMENTO											
DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	PROJEÇÕES									
		ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
Preço Venda Fertilizante	R\$/ton	106,00	112,36	119,10	126,25	133,82	141,85	150,36	159,38	168,95	179,08
Preço Venda Energia Elétrica	R\$/mWh	265,00	280,90	297,75	315,62	334,63	354,63	375,91	398,46	422,37	447,71
Receita Bruta	R\$	153.012	162.193	171.924	182.240	193.174	204.764	217.060	230.073	243.878	
DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	PROJEÇÕES									
		ANO 11	ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	ANO 16	ANO 17	ANO 18	ANO 19	ANO 20
Preço Venda Fertilizante	R\$/ton	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Preço Venda Energia Elétrica	R\$/mWh	1.8804	1.9744	2.0731	2.1768	2.2856	2.3999	2.5199	2.6459	2.7782	2.9171
Receita Bruta	R\$	256.072	268.875	282.319	296.435	311.257	326.819	343.160	360.318	378.334	397.251

13.5. Custos operacionais

Na Projeção de Custos, ocorrem os mesmos procedimentos de cálculos efetuados na Projeção de Receitas, com estimativas das despesas da usina de biogás durante seus vinte anos de operação, vide Figura 31. Nos custos operacionais o maior valor de despesa da usina é com o quadro de funcionários.

Figura 31: Projeção de Custos – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia.

PARÂMETRO MACRO – UGE CONCÓRDIA					INDEXADORES					
DISCRIMINAÇÃO VER TABELA DE DESPESAS	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
Salário Funcionários	680.088	714.092	749.797	787.287	826.651	867.984	911.383	956.952	1.004.800	1.055.040
Administração e Contabilidade	36.000	37.800	39.690	41.675	43.758	45.946	48.243	50.656	53.188	55.848
Consumo Combustível Veículo	6.480	6.804	7.144	7.501	7.876	8.270	8.684	9.118	9.574	10.053
Manutenção Motor Gerador	30.240	31.752	33.340	35.007	36.757	38.595	40.524	42.551	44.678	46.912

PARÂMETRO MACRO – UGE CONCÓRDIA					INDEXADORES					
DISCRIMINAÇÃO VER TABELA DE DESPESAS	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
Manutenção Geral Usina	68.800	72.240	75.852	79.645	83.627	87.808	92.199	96.809	101.649	106.731
Manutenção e Seguro Veículos	7.200	7.560	7.938	8.335	8.752	9.189	9.649	10.131	10.638	11.170
Monitoramento	80.000	84.000	88.200	92.610	97.241	102.103	107.208	112.568	118.196	124.106
Análises Laboratoriais	28.800	30.240	31.752	33.340	35.007	36.757	38.595	40.524	42.551	44.678
Tratamento Efluente Digestato	40.320	42.336	44.453	46.675	49.009	51.460	54.033	56.734	59.571	62.550
Despesas Meteriais e Limpeza	9.000	9.450	9.923	10.419	10.940	11.487	12.061	12.664	13.297	13.962
Licenças	96.000	100.800	105.840	111.132	116.689	122.523	128.649	135.082	141.836	148.928
Seguros e Vigilância	55.200	57.960	60.858	63.901	67.096	70.451	73.973	77.672	81.556	85.633
Custo Operacional Total	1.138.128	1.206.416	1.278.801	1.355.529	1.436.860	1.523.072	1.614.456	1.711.324	1.814.003	1.922.843
DISCRIMINAÇÃO VER TABELA DE DESPESAS	ANO 11	ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	ANO 16	ANO 17	ANO 18	ANO 19	ANO 20
Salário Funcionários	1.107.792	1.163.181	1.211.340	1.282.407	1.346.528	1.413.854	1.484.547	1.558.774	1.636.713	1.718.549
Administração e Contabilidade	58.640	61.572	64.651	67.883	71.278	74.841	78.583	82.513	86.638	90.970
Consumo Combustível Veículo	10.555	11.083	11.637	12.219	12.830	13.471	14.145	14.852	15.595	16.375
Manutenção Motor Gerador	49.258	51.721	54.307	57.022	59.873	62.867	66.010	69.311	72.776	76.415
Manutenção Geral Usina	112.068	117.671	123.555	129.733	136.219	143.030	150.182	157.691	165.575	173.854
Manutenção e Seguro Veículos	11.728	12.314	12.930	13.577	14.256	14.968	15.717	16.503	17.328	18.194
Monitoramento	130.312	136.827	143.669	150.852	158.395	166.314	174.630	183.361	192.530	202.156
Análises Laboratoriais	46.912	49.258	51.721	54.307	57.022	59.873	62.867	66.101	69.311	72.776
Tratamento Efluente Digestato	65.677	68.961	72.409	76.029	79.831	83.822	88.014	92.414	97.035	101.887
Despesas Meteriais e Limpeza	14.660	15.393	16.163	16.971	17.819	18.710	19.646	20.628	21.660	22.743
Licenças	156.374	164.193	172.402	181.022	190.073	199.577	209.556	220.034	231.035	242.587
Seguros e Vigilância	89.915	94.411	99.131	104.088	109.292	114.757	120.495	126.519	132.845	139.488
Custo Operacional Total	2.018.985	2.119.935	2.225.931	2.337.228	2.454.089	2.576.794	2.705.634	2.840.915	2.982.961	3.132.109

13.6. Projeções de receitas

Na Figura 32 é apresentado, de forma resumida, a planilha financeira para a operação da usina em estudo, principalmente em relação à receita bruta das vendas, as deduções das vendas, os abatimentos e os impostos.

Figura 32: RE: Demonstração dos Resultados – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia

PROJEÇÕES DE RESULTADOS										
DISCRIMINAÇÃO	PROJEÇÕES - EM R\$									
	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
Receita Operacional Bruta	-	102.518	162.193	171.924	182.240	193.174	204.764	217.050	230.073	243.878
(-) Deduções da Receita Bruta	-	[3.742]	[5.920]	[6.275]	[6.652]	[7.051]	[7.474]	[7.922]	[8.398]	[8.902]
Devoluções, Descontos e Abatimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carga Tributária ¹	-	[3.742]	[5.920]	[6.275]	[6.652]	[7.051]	[7.474]	[7.922]	[8.398]	[8.902]
*PIS/COFINS	-	[3.742]	[5.920]	[6.275]	[6.652]	[7.051]	[7.474]	[7.922]	[8.398]	[8.902]
(=) Receita Operacional Líquida	-	98.776	156.273	165.649	175.588	186.123	197.290	209.128	221.676	234.976
(-) Custos Operacionais (CPV)	-	[1.206.416]	[1.278.801]	[1.355.529]	[1.436.860]	[1.523.072]	[1.614.456]	[1.711.324]	[1.814.003]	[1.922.843]
(=) EBITDA	-	[1.107.640]	[1.122.528]	[1.189.880]	[1.261.273]	[1.336.949]	[1.417.166]	[1.502.196]	[1.592.328]	[1.687.867]
. (-) Depreciação	-	-	[643.236]	[643.236]	[643.236]	[643.236]	[643.236]	[643.236]	[643.236]	[643.236]
(=) Resultado Operacional	-	[1.107.640]	[1.765.764]	[1.833.116]	[1.904.509]	[1.980.185]	[2.060.402]	[2.145.432]	[2.235.564]	[2.331.104]
(+/-) Resultado Financeiro	[129.890]	[236.163]	[349.763]	[677.864]	[605.469]	[533.074]	[460.679]	[388.284]	[315.889]	[243.494]
. (-) Despesas Financeiras-Presente Projeto	[129.890]	[236.163]	[349.763]	[677.864]	[605.469]	[533.074]	[460.679]	[388.284]	[315.889]	[243.494]
. (+/-) Receita (Despesa) Financeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*Juros da Conta Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*Juros s/ Caixa Acumulado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*Juros s/ Sobre (Déficit) de Caixa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) Resultado antes do IRPJ / CS	-	[1.343.803]	[2.115.527]	[2.510.980]	[2.509.978]	[2.513.259]	[2.521.081]	[2.533.716]	[2.551.453]	[2.574.597]
(-) Contribuição Social	-	[1.107]	[1.752]	[1.857]	[1.968]	[2.086]	[2.211]	[2.344]	[2.485]	[2.634]
(-) IRPJ	-	21.950	20.756	20.562	20.355	20.137	19.905	19.659	19.399	19.122
(=) Lucro/ Prejuízo do exercício	-	[1.322.960]	[2.096.523]	[2.492.275]	[2.491.591]	[2.495.209]	[2.503.388]	[2.516.401]	[2.534.539]	[2.558.109]
% da receita Operacional Líquida	-	-1339,35%	-1341,58%	-1504,55%	-1419,00%	-1340,62%	-1268,88%	-1203,28	-1143,36%	-1088,67%

PROJEÇÕES DE RESULTADOS										
DISCRIMINAÇÃO	PROJEÇÕES - EM R\$									
	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	Ano 10
Receita Operacional Bruta	256.072	268.875	282.319	296.435	311.257	326.819	343.160	360.318	378.334	397.251
(-) Deduções da Receita Bruta	[9.347]	[9.814]	[10.305]	[10.820]	[11.361]	[11.929]	[12.525]	[13.152]	[13.809]	[14.500]
Devoluções, Descontos e Abatimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carga Tributária ¹	[9.347]	[9.814]	[10.305]	[10.820]	[11.361]	[11.929]	[12.525]	[13.152]	[13.809]	[14.500]
*PIS/COFINS	[9.347]	[9.814]	[10.305]	[10.820]	[11.361]	[11.929]	[12.525]	[13.152]	[13.809]	[14.500]
(=) Receita Operacional Líquida	246.725	259.061	272.014	285.615	299.896	314.890	330.635	347.167	364.525	382.751
(-) Custos Operacionais (CPV)	[156.374]	[164.193]	[172.402]	[181.022]	[190.073]	[199.577]	[209.556]	[220.034]	[231.035]	[242.587]
(=) EBITDA	90.351	94.869	99.612	104.593	109.822	115.313	121.079	127.133	133.490	140.164
. (-) Depreciação	[643.236]	[643.236]	[643.236]	[643.236]	[643.236]	[643.236]	[643.236]	[643.236]	[643.236]	[643.236]
(=) Resultado Operacional	(552.885)	(548.368)	(543.624)	(538.644)	(533.414)	(527.923)	(522.157)	(516.103)	(509.747)	(503.072)
(+/-) Resultado Financeiro	[184.569]	[141.562]	[98.556]	[55.550]	[12.543]	30.463	73.469	116.475	115.579	-
. (-) Despesas Financeiras-Presente Projeto	[184.569]	[141.562]	[98.556]	[55.550]	[12.543]	30.463	73.469	116.475	115.579	-
. (+/-) Receita (Despesa) Financeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*Juros da Conta Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*Juros s/ Caixa Acumulado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*Juros s/ Sobre (Déficit) de Caixa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(=) Resultado antes do IRPJ / CS	(737.454)	(689.930)	(642.180)	(594.193)	(545.193)	(497.460)	(448.688)	(399.628)	(394.167)	(503.072)
(-) Contribuição Social	[2.766]	[2.904]	[3.049]	[3.201]	[3.362]	[3.530]	[3.706]	[3.891]	[4.086]	[4.290]
(-) IRPJ	18.879	18.622	18.354	18.071	17.775	17.464	17.137	16.794	16.433	16.055
(=) Lucro/ Prejuízo do exercício	(721.341)	(674.211)	(626.876)	(579.324)	(531.544)	(483.526)	(435.258)	(386.726)	(381.820)	(491.308)
% da receita Operacional líquida	-292,37%	-260,25%	-230,46%	-202,83%	-177,24%	-153,55%	-131,64%	-111,39%	-104,74%	-128,36%

¹ O IPI, ICMS e ISS não estão considerados devido ao incentivo para energia renovável e ao comprometimento do governo de não cobrar ICMS para projetos de suinocultura

Fonte: Elaborado por BGT
[2014].

13.7. Fluxo de caixa

Figura 33: Fluxo de caixa
- Planilha financeira padrão -
Usina de biogás de Concórdia

Com o fluxo de caixa anual é possível acompanhar o movimento dos recursos financeiros da usina, juntamente com o seu devido saldo. Com os valores de fluxo de caixa dos períodos, como pode ser observado na Figura 33, é possível verificar os valores a serem compensados pela UPC, na forma de prestação de serviços e treinamento para complementar o caixa de forma em manter sua sustentabilidade financeira.

FLUXO DE CAIXA / CAPACIDADE DE PAGAMENTO										
DISCRIMINAÇÃO	ANO 1 2014	ANO 2 2015	ANO 3 2016	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
Entradas	12.821.984	98.776	156.273	165.649	175.588	186.123	197.290	209.128	221.676	234.976
Receita Operac. Bruta	-	102.518	162.193	171.924	182.240	193.174	204.764	217.050	230.073	243.878
PIS / COFINS	-	[3.742]	[5.920]	[6.275]	[6.652]	[7.051]	[7.474]	[7.922]	[8.398]	[8.902]
1. Receita Operac. Líq.	-	98.776	156.273	165.649	175.588	186.123	197.290	209.128	221.676	234.976
2. Retorno Saldo Conta Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Aplicação Financeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.1. da Conta Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2 Amortização	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2.1. Caixa Acumulado (ex: anterior)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2.2. Caixa do Período	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Aporte do financiamento BNDES	8.762.892	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Aporte de Capital Próprio	4.059.092	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saídas	[12.951.874]	[1.442.579]	[2.289.690]	[3.034.855]	[3.034.855]	[3.034.792]	[3.057.608]	[3.076.598]	[3.101.070]	[3.131.800]
1. Despesas Operacionais	[1.138.128]	[1.206.416]	[1.278.801]	[1.355.529]	[1.436.860]	[1.523.072]	[1.614.456]	[1.711.324]	[1.814.003]	[1.922.843]
2. Investimento Total	[11.683.856]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Financiamento BNDES	[129.890]	[236.163]	[1.010.889]	[1.679.327]	[1.606.932]	[1.543.536]	[1.462.141]	[1.389.746]	[1.317.351]	[1.244.956]
3.1. Pagam. de Juros	[129.890]	[236.163]	[349.763]	[677.864]	[605.469]	[533.074]	[460.679]	[388.384]	[315.889]	[243.494]
3.2. Amortização	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Conta Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Dividendos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6. Juros sobre Déficit de Caixa Acumulado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7. Juros sobre Déficit de Caixa do Período	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caixa Antes do IR e CS	[129.890]	[1.343.803]	[2.133.803]	[2.869.206]	[2.868.204]	[2.871.485]	[2.879.307]	[2.891.942]	[2.909.679]	[2.932.824]
Contribuição Social	-	[1.107]	[1.753]	[1.857]	[1.968]	[2.086]	[2.211]	[2.344]	[2.485]	[2.634]
IRPJ	-	21.950	20.756	20.562	20.355	20.137	19.905	19.659	19.399	19.122
Flx. de Cx do Período	[129.890]	[1.322.960]	[2.114.413]	[2.850.502]	[2.849.817]	[2.853.435]	[2.861.614]	[2.874.627]	[2.892.765]	[2.916.335]
Flx de Cx Acumulado	[129.890]	[1.452.850]	[3.567.263]	[6.417.764]	[9.267.581]	[12.121.017]	[14.982.631]	[17.857.258]	[20.750.023]	[23.666.358]
Índice de Cobertura do Serviço da dívida	-	-	-1,09	-0,70	-,77	-0,86	-0,96	-1,07	-1,20	-1,34

FLUXO DE CAIXA / CAPACIDADE DE PAGAMENTO										
DISCRIMINAÇÃO	ANO 11	ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	ANO 16	ANO 17	ANO 18	ANO 19	ANO 20
Entradas	246.725	411.929	414.131	416.980	420.509	424.752	429.745	435.525	442.132	382.751
Receita Operac. Bruta	256.072	268.875	282.319	296.435	311.257	326.819	343.160	360.318	378.334	397.251
PIS / COFINS	[9.347]	[9.814]	[10.305]	[10.820]	[11.361]	[11.929]	[12.525]	[13.152]	[13.809]	[14.500]
1. Receita Operac. Líq.	246.725	259.061	272.014	285.615	299.896	314.890	330.635	347.167	364.525	382.751
2. Retorno Saldo Conta Reserva	-	152.868	142.116	131.365	120.613	109.862	99.110	88.359	77.607	-
3. Aplicação Financeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.1. da Conta Reserva	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2 Amortização	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2.1. Caixa Acumulado (ex: anterior)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2.2. Caixa do Período	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Aporte do financiamento BNDES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Aporte de Capital Próprio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saídas	[947.592]	[901.653]	[856.105]	[810.967]	[766.261]	[722.006]	[678.227]	[634.947]	[455.793]	[467.344]
1. Despesas Operacionais	[156.374]	[164.193]	[172.402]	[181.022]	[190.073]	[199.577]	[209.556]	[220.034]	[231.035]	[242.587]
2. Investimento Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Financiamento BNDES	[638.350]	[595.344]	[552.338]	[509.332]	[466.325]	[423.319]	[380.313]	[337.307]	[224.757]	[224.757]
3.1. Pagam. de Juros	[184.569]	[141.562]	[98.556]	[55.550]	[12.543]	30.463	73.469	116.475	115.579	115.579
3.2. Amortização	[453.782]	[453.782]	[453.782]	[453.782]	[453.782]	[453.782]	[453.782]	[453.782]	[340.336]	[340.336]
4. Conta Reserva	[152.868]	[142.116]	[131.365]	[120.613]	[109.862]	[99.110]	[88.359]	[77.607]	-	-
5. Dividendos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6. Juros sobre Déficit de Caixa Acumulado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7. Juros sobre Déficit de Caixa do Período	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caixa Antes do IR e CS	[700.867]	[489.724]	[441.974]	[393.988]	[345.752]	[297.254]	[248.482]	[199.422]	[13.661]	[84.593]
Contribuição Social	[2.766]	[2.904]	[3.049]	[3.201]	[3.362]	[3.530]	[3.706]	[3.291]	[4.086]	[4.290]
IRPJ	18.879	18.622	18.354	18.071	17.775	17.464	17.137	16.794	16.433	16.055
Flx. de Cx do Período	[684.754]	[474.005]	[426.670]	[379.118]	[331.338]	[283.320]	[235.052]	[186.520]	[1.313]	[72.828]
Flx de Cx Acumulado	[24.351.113]	[24.825.118]	[25.251.788]	[25.630.906]	[25.962.244]	[26.245.564]	[26.480.616]	[26.667.136]	[26.648.449]	[26.741.277]
Índice de Cobertura do Serviço da dívida	-0,07	0,20	0,23	0,26	0,29	0,33	0,38	0,45	0,99	0,68

Fonte: Elaborado por BGT [2014].

13.8. Viabilidade

Na Figura 34 é possível verificar a Viabilidade – TIR/VPL (Taxa Interna de Retorno/ Valor Presente Líquido) do projeto, estes dados são importantes, principalmente, para o investidor, pois apresentam os devidos retornos do investimento do empreendimento. Esse valor, para um investimento viável, deve sempre ser positivo, ou seja, maior que zero. No caso do projeto de Concórdia, por se tratar de um empreendimento com propósito de pesquisa e capacitação, o seu valor está abaixo das expectativas para investimento, ou seja, negativo, pois sua receita em vinte anos representa somente 16% da necessidade financeira do empreendimento. A Taxa Interna de Retorno, não foi demonstrada por se tratar de um investimento, que sem outros aportes externos, não obterá um retorno.

Figura 34: Viabilidade – TIR/VPL – Planilha financeira padrão – Usina de biogás de Concórdia.

VPL / TIR DO ACIONISTA					
ANO	INVESTIMENTO	RECEITAS	DESPESAS	FINANCIAMENTO	FLUXO LÍQUIDO
Ano 1	[11.683.856]	–	[1.138.128]	8.762.892	[4.059.092]
Ano 2	–	102.518	[1.189.315]	[236.163]	[1.322.960]
Ano 3	–	162.193	[1.265.716]	[1.010.889]	[2.114.413]
Ano 4	–	171.924	[1.343.099]	[1.679.327]	[2.850.502]
Ano 5	–	182.240	[1.425.125]	[1.606.932]	[2.849.817]
Ano 6	–	193.174	[1.512.073]	[1.534.536]	[2.853.435]
Ano 7	–	204.764	[1.604.237]	[1.462.141]	[2.861.614]
Ano 8	–	217.050	[1.701.931]	[1.389.746]	[2.874.627]
Ano 9	–	230.073	[1.805.487]	[1.317.351]	[2.892.765]
Ano 10	–	243.878	[1.915.256]	[1.244.956]	[2.916.335]
Ano 11	–	256.072	[149.607]	[638.350]	[531.886]
Ano 12	–	268.875	[158.288]	[595.344]	[484.757]
Ano 13	–	282.319	[167.402]	[552.338]	[437.421]
Ano 14	–	296.435	[176.972]	[509.332]	[389.869]
Ano 15	–	311.257	[187.021]	[466.325]	[342.090]
Ano 16	–	326.819	[197.572]	[423.319]	[294.072]
Ano 17	–	343.160	[208.651]	[380.313]	[245.803]
Ano 18	–	360.318	[220.283]	[337.307]	[197.271]
Ano 19	–	378.334	[232.497]	[224.757]	[78.920]
Ano 20	–	397.251	[245.322]	[224.757]	[72.828]
Total	[11.683.856]	4.928.654	[16.843.984]	[7.071.293]	[30.670.480]

Fonte: Elaborado por BGT [2014].

VLP =	[R\$16.141.679]
TIR =	#NUM!

Com o intuito de exemplificar a planilha de Viabilidade TIR/VPL, a Tabela 09 apresenta as premissas considerando a possibilidade hipotética de implantar um motor gerador de 1.000 kW nesse projeto, mantendo-se a mesma estrutura de custos operacionais, com funcionários. Com o investimento alterado para comportar esse modelo de geração seria possível gerar mais

energia elétrica e fertilizante, o que afetaria, positivamente os resultados do investimento, como pode ser observado na Figura 35, comprovando que em escala maior o empreendimento se torna mais atrativo. Entretanto deve-se atentar que este projeto visa fins de pesquisa e qualquer falha na geração de energia pode comprometer contratos com possíveis compradores, tanto de energia como de fertilizante.

Tabela 9: Premissas - Planilha financeira com o Motor 1.000 kWh - Usina de Biogás de Concórdia.

DADOS TÉCNICOS - GERAÇÃO (INPUT 500 M ³ /D DE DEJETOS)		
	ENERGIA ELÉTRICA (MWH)	FERTILIZANTE (T)
Produção mensal	698	770
Fator de disponibilidade	93%	98%
Geração líquida total - ano	7.790	9.055

Figura 35: Viabilidade - TIR/VPL - Planilha financeira com Motor 1.000 kWh - Usina de biogás de Concórdia.

VPL / TIR DO ACIONISTA					
ANO	INVESTIMENTO	RECEITAS	DESPESAS	FINANCIAMENTO	FLUXO LÍQUIDO
Ano 1	[15.023.856]	-	[1.479.968]	11.267.892	[5.235.932]
Ano 2	-	1.759.362	[1.663.171]	[303.674]	[207.482]
Ano 3	-	2.783.469	[1.826.219]	[1.299.867]	[342.617]
Ano 4	-	2.950.477	[1.937.233]	[2.159.386]	[1.146.142]
Ano 5	-	3.127.505	[2.054.907]	[2.066.296]	[993.697]
Ano 6	-	3.315.156	[2.179.641]	[1.973.206]	[837.691]
Ano 7	-	3.514.065	[2.311.859]	[1.880.116]	[677.910]
Ano 8	-	3.724.909	[2.452.011]	[1.787.026]	[514.128]
Ano 9	-	3.948.404	[2.600.572]	[1.693.935]	[346.104]
Ano 10	-	4.185.308	[2.758.046]	[1.600.845]	[173.584]
Ano 11	-	4.394.573	[428.129]	[820.832]	3.145.612
Ano 12	-	4.614.302	[450.735]	[765.532]	3.398.035
Ano 13	-	4.845.017	[474.472]	[710.232]	3.660.313
Ano 14	-	5.087.268	[499.395]	[654.932]	3.932.941
Ano 15	-	5.341.631	[525.565]	[599.631]	4.216.435
Ano 16	-	5.608.713	[553.043]	[544.331]	4.511.338
Ano 17	-	5.889.148	[581.896]	[489.031]	4.818.222
Ano 18	-	6.183.606	[612.190]	[433.731]	5.137.685
Ano 19	-	6.492.786	[644.000]	[289.007]	5.559.779
Ano 20	-	6.817.425	[677.400]	[289.007]	5.851.018
Total	[15.023.856]	84.583.123	[26.710.453]	[9.092.725]	33.756.089

Fonte: Elaborado por BGT [2014].

VLP = [R\$16.141.679]

TIR = #NUM!

14

IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE PURIFICAÇÃO DE BIOGÁS E GERAÇÃO DE BIOMETANO – FASE II

Um dos propósitos da usina de pesquisa e capacitação é o desenvolvimento de tecnologias de biometano, substituto do gás natural, com grande demanda no Brasil, principalmente em áreas que não são providas de rede de gás, como no caso da região oeste de Santa Catarina.

No caso da planta de Concórdia está previsto a implantação do sistema de purificação de biogás para geração de biometano utilizando o sistema de membranas, vide Figura 36, que é a melhor tecnologia, hoje, para projetos de pequeno porte, como previsto na UPC.

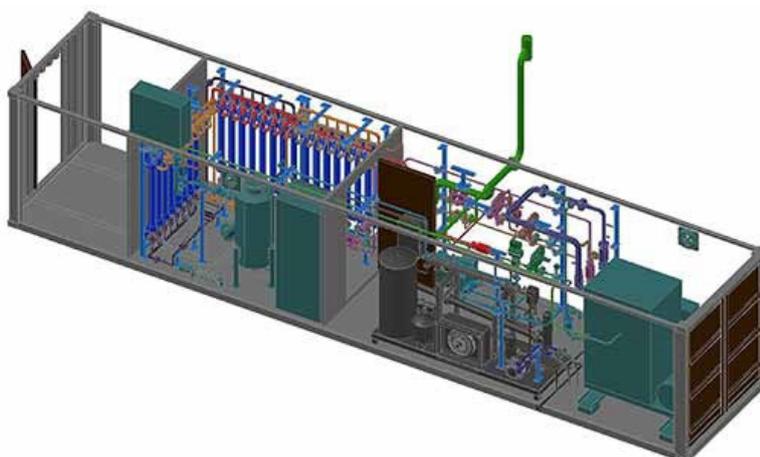
O estudo de geração de energia na fase I foi desenvolvido já prevendo essa implantação. Para isso, espera-se o acréscimo de pelo menos 70 m³/d de dejetos de suínos, totalizando 140 m³ de dejetos por dia. O sistema de purificação através de membranas utiliza energia elétrica em seu processo e essa energia será absorvida do motor gerador já instalado na fase I.

A disponibilidade de geração de biometano da planta na fase II será de aproximadamente 820 m³/d de biometano que será comprimido e disponibilizado para venda ou consumo próprio. A SCGÁS tem interesse na compra do biometano disponível, pois tem a concessão da comercialização de gás do Estado.

Outro produto que poderá ser comercializado, consequente da geração de biometano, é o gás carbônico industrial. O processo de purificação libera o CO₂ que pode ser captado, purificado e armazenado como gás carbônico líquido, muito utilizado em diversos setores da indústria. Nesse cenário a captação de CO₂ será avaliada com as instituições parceiras para a decisão desse arranjo.

Juntamente com a planta de purificação, deve haver a instalação de sistema de compressão e armazenamento em cilindros ou micro rede, dependendo da opção de destinação comercial. O custo para a implantação desta estrutura para a purificação de biogás e geração de biometano, em nível de gás natural, é de, aproximadamente, dois milhões de reais, para uma estação dimensionada para purificar até 2.000 m³/dia de biogás, com tecnologia de purificação com sistema de membranas. Hoje o preço estimado para a venda do biometano, segundo a SCGÁS, é de R\$1,00/m³.

Figura 36: Estação de Biometano com sistema de membranas.



Fonte: http://www.gt-himmel.com/files/vision/img/GAH/GA_3d_1.jpg

15

CONCLUSÃO

O aproveitamento energético do biogás gerado a partir de dejetos, resíduos e efluentes está sendo amplamente fomentado no Brasil, por sua potencialidade e pela existência de uma demanda energética clara, tanto elétrica como de gás.

Ao fomentar esse tipo de tecnologia no país, alguns déficits são observados, como na mão de obra especializada e tecnologias/ equipamentos nacionais. Essa deficiência tende a ser reduzida com a evolução e estímulo ao uso das tecnologias.

Uma maneira de agir em ambas as linhas, ou seja, fomentar a tecnologia e possibilitar a pesquisa e capacitação de mão de obra, é através da instalação de usinas como a do DBFZ, na Alemanha, e a proposta nesse estudo. Essas usinas têm como prioridade o desenvolvimento tecnológico voltado às características locais/ regionais.

No presente estudo evidenciou-se a necessidade de parceria com institutos de pesquisas e de capacitação, tais como Embrapa e SENAI respectivamente, para a instalação da usina em Concórdia. Os aspectos financeiros da usina podem ser muito complexos, o que justifica a elaboração de planilha financeira bem estruturada.

Em Santa Catarina, através da FAPESC (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina) e da FIESC (Federação das Indústrias de Santa Catarina) pode-se obter acesso a investidores, como o SINDICARNE (Sindicato das Indústrias da Carne e Derivados de Santa Catarina), que é um possível parceiro. Além de investidores privados, pode-se tentar financiamentos públicos, tais como o da FINEP.

A Usina de Pesquisa e Capacitação, conforme apresentado, não se sustenta financeiramente somente através da venda dos produtos da usina, mas pode se viabilizar através de projetos de pesquisa públicos e privados, como acontece em outros centros de pesquisas internacionais, tais como o do DBFZ, utilizado como modelo nesse estudo. Logo, o sucesso desse projeto está na união entre a experiência das instituições parceiras com entidades públicas e privadas para que, juntos, estabeleçam as diretrizes para a implantação e sustentabilidade financeira desse projeto, que será um modelo a se difundir por todo o Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS

- BIOGASTEC ENERGIE. Relatório Final – Desenvolvimento de conceitos para o tratamento de efluentes do biogás no sul do Brasil. Förderung klimafreundlicher Biogastechnologien in Brasilien, GIZ Brasil (DKTI-Biogas-BR). PN 2011.9783.9-001. Set. 2013.
- CHERNICHARO C. A. L. Reatores Anaeróbios – princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais. v 5. Belo Horizonte, 2000
- DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. Biogas from Waste and Renewable Resources. Ed. Wiley - VCH, 2008.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA - FIESC. Santa Catarina em Dados / Unidade de Política Econômica e Industrial. v. 22, Florianópolis: FIESC, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. ESTADOS. Pecuária 2012. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em: 16 jul. 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. ESTADOS. Produção da Pecuária Municipal 2012. Disponível em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=420430&idtema=121&search=santa-catarina|concordia|pecuaria-2012>>. Acesso em: 17 jul. 2014a.
- OLIVEIRA, P. A. V. Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas. Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II; Projeto de Controle da Degradação Ambiental Decorrente da Suinocultura em Santa Catarina – Convênio nº 2002CV000002. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, 2004.
- PECORA, V. Implementação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP: estudo de caso. 2006. Dissertação [Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia] Universidade de São Paulo. Orientador: José Roberto Moreira. São Paulo, 2006.
- SANTOS, A. F. S. Estudo de viabilidade de aplicação do biogás no ambiente. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia e Administração. MBA – Administração Organizações Turma 26. Riberião Preto – SP. 2009.

Anexo 1

Förderung klimafreundlicher Biogastechnologien in Brasilien
(DKII-Biogas-BR)
(PN 2011.9783.9-001)

- Specifications -

- Vorprojekt zur Implementierung einer Forschungs- und Ausbildungsbiogasanlage in der Region Concórdia/SC (Technologietransfer und Capacity-building) -

- Preliminary project for implementation of a pilot plant for education and R&D purposes in the region of Concórdia/SC in respect of transfer of technology and Capacity-building -

Bremen, February 2014



Ingenieurbüro für Entwicklung und
Anwendung umweltfreundlicher
Technik GmbH
Cuxhavener Straße 10
28 217 Bremen
Tel: 0421 - 38 678 - 30
Fax: 0421 - 38 678 - 88
mail: utec@utec-bremen.de
www.utec-bremen.de

Abbreviations

CH ₄	Methane
CNG	Compressed Natural Gas
CO ₂	Carbon dioxide
CSTR	(Completely Stirred Reactor)
DM	Dry matter
FM	Fresh Material
FOS/TAC	ratio of Free Organic Acids to Total Alkalinity Content
H ₂	Hydrogen
H ₂ O	Water
H ₂ S	Hydrogen sulfide
N ₂	Nitrogen
NH _x	Total of Ammonia (ammonia plus ammonium)
O ₂	Oxygen
oDM	organic Dry Matter
PLC	Programmable Logic Controller
Rt	Retention time

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica (National Agency of Electric Power)
BGT	BGT Energie – Brasil (Brazilian Consultant for Biogas)
DBFZ	Deutsches Biomasse Forschungs Zentrum (German biomass center)
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brazilian Agricultural Research Corporation)
FAPESC	Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (National Competition for the Sustainable Headquarter for the secretary of the environment of Santa Catarina State)
FINEP	Financiadora De Estudos E Projetos (Brazilian Innovation Agency)
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego (ministry for labor and employment)
SCGÁS	Companhia de Gás de Santa Catarina S.A. (local gas supplier)
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, (National Service for Industrial Training)

SC	Santa Catarina (State of Brazil)
PR	Paraná (State of Brazil)
RS	Rio Grande do Sul (State of Brazil)

1

OVERALL ASPECTS

1.1. Introduction

Several attempts have been made in Brazil to promote the use of biogas. In the 1970s and 80s, with the oil crises, the countries developed alternative sources of energy, in Brazil, one of the program was the use of biogas like fuel in vehicles. The biogas was produced in landfills and anaerobic fermenters, in the south of the country were built some fermenters as result, but with the end of the crises, these programs were shut-down (CETESB, 2006).

In Santa Catarina, the main pig -producing state, most animal wastes were discharged into water bodies or as fertilizer on agricultural land. This practice changed with implementation of environmental legislation like Federal Code Forest, resolution of CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente - National Council of the Environment), normative instructions of the FATMA (Fundação do Meio Ambiente - Foundation of the Environment). FATMA's normative instructions 11, for example, establish that the application of pig manure in soil must be done after the time of storage of 120 days in lagoons - covered or open (TAVARES, 2012).

From 2000 onwards, biogas technology was used again reinforced. The fermenters were now used to provide rural areas with biogas and replaced wood and other fuels, for example, it was used to the heating of henhouses or pigsties, the drying of grain as well as the generation of electricity. Most of the built plants at the beginning of the new millennium facilities were very ordinarily, the open lagoons were covered with a gas-tight membrane, so that the biogas could be collected. The goal was not primarily the energy use but a reduction of smell and the decomposition of organic matter. That simple system does not have automatism, agitators, temperature control and therefore the biogas production was uncontrolled and inefficient and generated inconstantly only a poor gas quantity and gas quality. Because of this and because of lack of desulfurization, there was a rapid wear of the engines. As a result, there were generated a lot of bad reputations. The public opinion changed and the biogas technology has generally been regarded as unsuitable.

Today there is again a growing interest in the agricultural biogas production and use, especially in the states of Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás, Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul, where the livestock is a predominant branch of agriculture. In the entire country gigantic annual amounts of manure as well as organic waste occur. As an agricultural nation, Brazil has a highly developed industry for the processing of agricultural products.

Since many decades Brazil pretends to find suitable, practical and technical/financial successful solutions for anaerobic digestion with lagoon digesters. The concept of the use of organic waste for biogas production has been used successfully in Germany for years, which now has more than 7,500 biogas plants. In Brazil, the biogas market is still developing, but the interest in sustainable energy by waste recycling has increased in recent years. Today there is an increasing interest to invest in the promotion of technology and research in the field of biogas and biomethane.

From the beginning of 2010 there was a strong interest in biogas in the state of Santa Catarina, led by the state-owned gas utility SCGÁS, the

EMBRAPA pig and poultry and the company BGT-Energie. With the support of GIZ and composed of DBFZ this group is working to encourage the production of energy through the use of organic waste and recently implemented the first biogas laboratory in the state of Santa Catarina, in the EMBRAPA Swine and poultry in Concórdia. Now, it is intended to biogas research and training facility set up in the region that can be replicated in other regions of Brazil.

The execution of a study tour to Leipzig from employees of BGT energy with the Board of SCGÁS to visit the research biogas plant DBFZ and the training of some researchers of EMBRAPA in the laboratory facilities of the DBFZ accelerated the desire of the team, to implement a biogas pilot plant based on the model of the system of DBFZ on a smaller scale at the EMBRAPA pig and poultry.

The Pilot plant (also for research and training purposes) is to demonstrate the function of a modern plant and to meet the needs of EMBRAPA just to realize tests on a larger scale and help to meet the demand of SCGÁS by biomethane. The results of studies on the production and upgrading of biogas and biomethane are of great importance to the Company, except that the first plant on the European model in Brazil will contribute the interest in biogas projects on an industrial scale for the different sectors and regions to increase. The project is an expression of the great interest of SCGÁS and EMBRAPA and should be implemented with the support of the Government of the State of Santa Catarina on the financing of FAPESC.

Overall Intentions of the pilot plant are:

- >> Good industrial technical standard, able to be presented
- >> Low operation costs
- >> Simple handling
- >> Pilot plant, no pure R&D plant
- >> Production of electricity and heat (cogeneration) as well as and Biomethane
- >> Income from energy production
- >> Operator should participate with the economic results
- >> Digestion of local substrates with long term potential in respect of economic and environmental view
- >> Flexibility for changing the mix of input-material
- >> Simple and long term secured use of the digestate as fertilizer
- >> Priority of use of local products
- >> Participation of local companies
- >> Education of local staff
- >> Use of existing labor-facilities
- >> Economic operation
- >> Compliance with local regulations
- >> Exemplary project,
- >> Transferability to other counties of Brasil

1.2. Location

Figure 1: Foreseen location of the pilot plant in Concordia and the three neighbouring counties in South Brazil.

The location is foreseen in the state of Santa Catarina (see figure).



Source: Wikipedia

The location in detail is influenced by the following aspects:

- >> Availability of the main organic substrate from preferable one producer with no or only very low costs for transportation
- >> Operation team is living nearby the location
- >> Stable electric grid with sufficient power for connection
- >> Existing agricultural areas for use of digestate nearby
- >> Area of the plant separated from farm buildings etc.
- >> Good road excess
- >> Other infrastructure like fresh water
- >> Distance to residential neighborhood

1.3. Economics

The pilot plant shall demonstrate not only the technical aspects of anaerobic digestion but also prove the excellent economic situation.

Even if the construction of the plant will be subsidized by different authorities, at least all operation costs for normal operation must be covered by the income. Only for the part of R&D this goal could be changed.

Income by anaerobic digestion may be created by:

- >> fee (income) for organic wastes (reduction of actual costs of the actual owner)
- >> selling digestate as fertilizer (liquid and/or solids) (reduction of mineral fertilizer)
- >> selling of electricity
- >> selling of heat
- >> selling of biomethane (injection in a grid or as CNG fuel)
- >> selling of CO₂ from upgrading plant

The operation costs are influenced by:

- >> maintenance
- >> repair
- >> electricity

- >> transportation of substrates / digestate
- >> personal costs
- >> analytic costs
- >> other consumables
- >> securities
- >> administration
- >> taxes

Both income and operation costs are described in detail below. The size of the pilot plant shall enable the operator to realize the maximum of income.

2

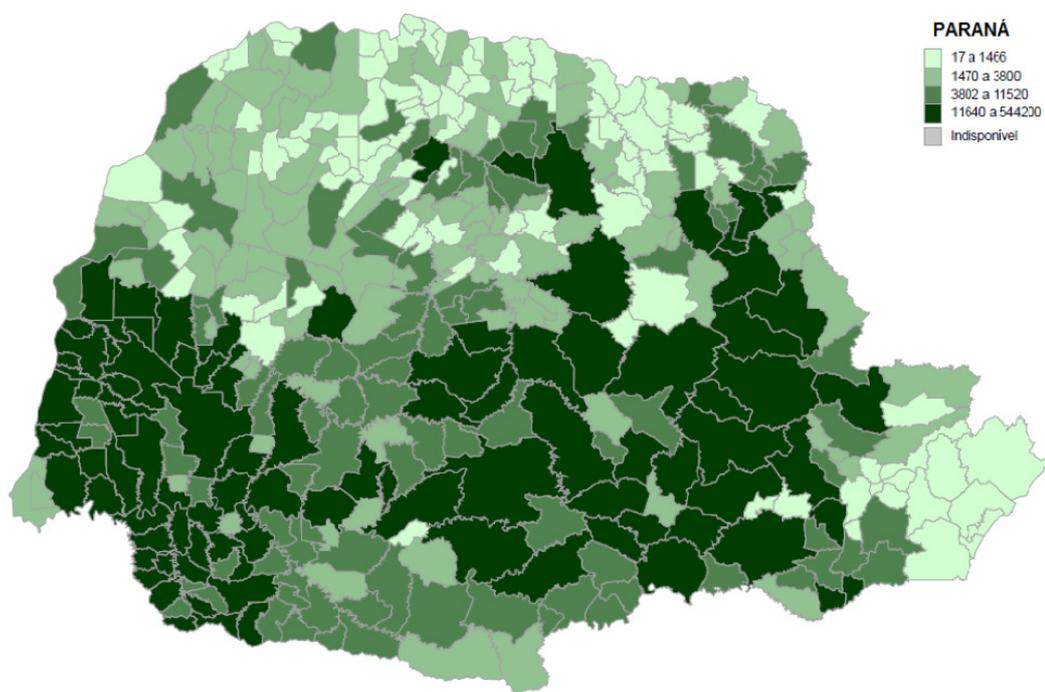
SUPPORT IN RESPECT OF DEVELOPMENT OF DECISION MATRICES TO DEFINE VOLUME, BIOLOGICAL SYSTEM AND TECHNICAL DEVICES.

2.1. Variety of input-substrates

Figure 2: Effective herd of swine (in heads) in the state of Paraná

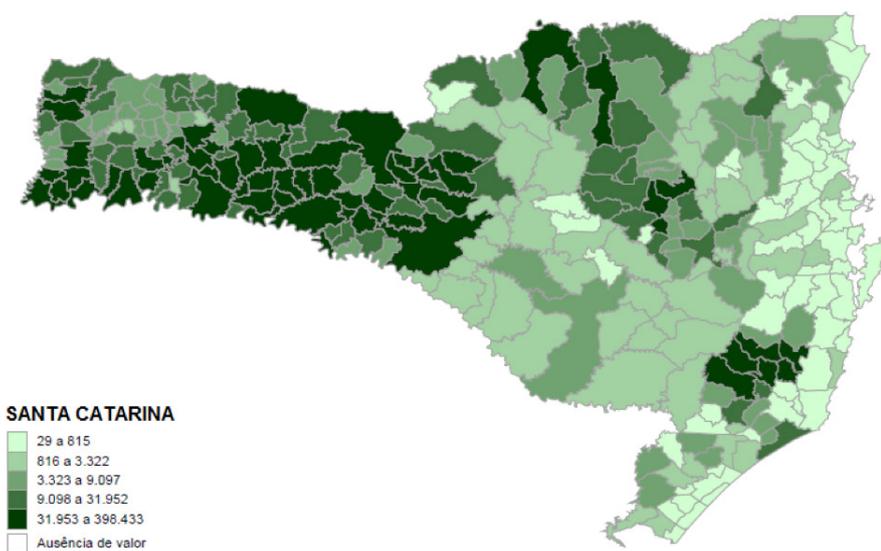
Main input-substrates in the area of Concordia are swine manure, laying hens manure and poultry litter. The center of interest is to involve the area served by Embrapa Suínos e Aves. In the future, other substrates like, organic waste from food industries; municipal organic waste, fruits, vegetables, remains of restaurants, etc. can be included in the project

As main substrate swine manure is foreseen and fixed. The following three figures show the big amount of swine manure in Southern Brazil (PR, SC, RS).



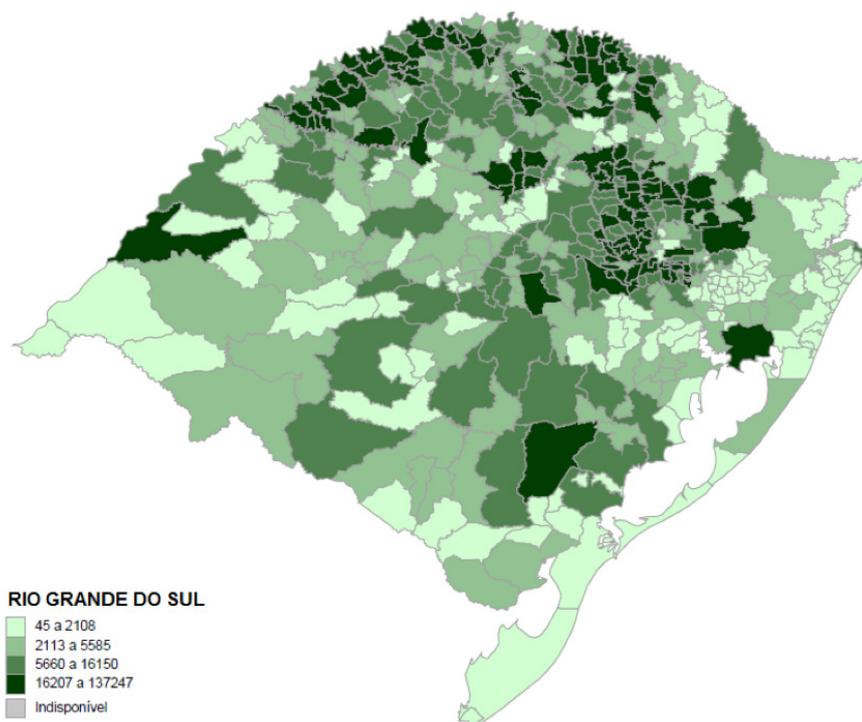
Source: IBGE Cidades
[\[http://cidades.ibge.gov.br\]](http://cidades.ibge.gov.br)

Figure 3: Effective herd of swine [in heads] in the state of Santa Catarina.



Source: IBGE Cidades
 [<http://cidades.ibge.gov.br>]

Figure 4: Effective herd of swine [in heads] in the state of Rio Grande do Sul.



Source: IBGE Cidades
 [<http://cidades.ibge.gov.br>]

The main aspects of additional substrates may be:

- >> Competition with other treatment systems or other use like alim-entation, solid fuel, composting, untreated as fertilizer, dump or sewage plant.
- >> Actual use
- >> Costs or income
- >> Availability in Southern Brazil
- >> DM: > 5%

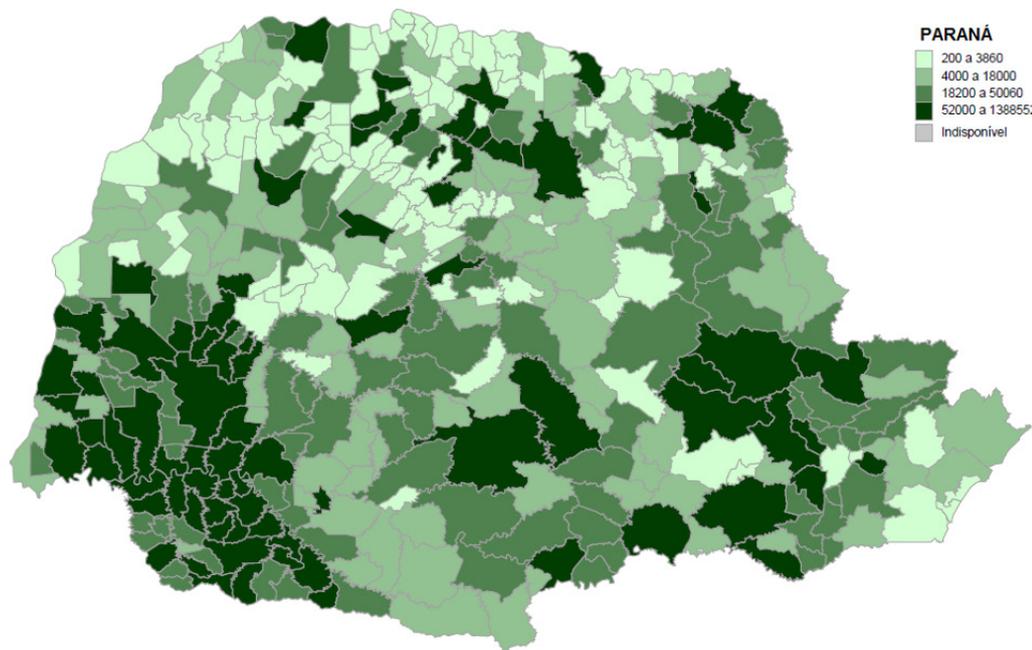
- >> oDM (% of DM) > 75%
- >> Degradability (% of oDM): > 85%
- >> Impurities (sand, stones, plastic): low
- >> Antibiotics: low
- >> Protein: high protein-contents are very sensitive for a stable process due to the ammoniac-content.

In Table 1, Annex I, a matrix shows the principle data of different substrates, which could be expected in Southern Brazil.

The herds of stabled cattle and milk-cow aren't very significant in this region. The majority of cattle are on the meadow and the dung could not be collected.

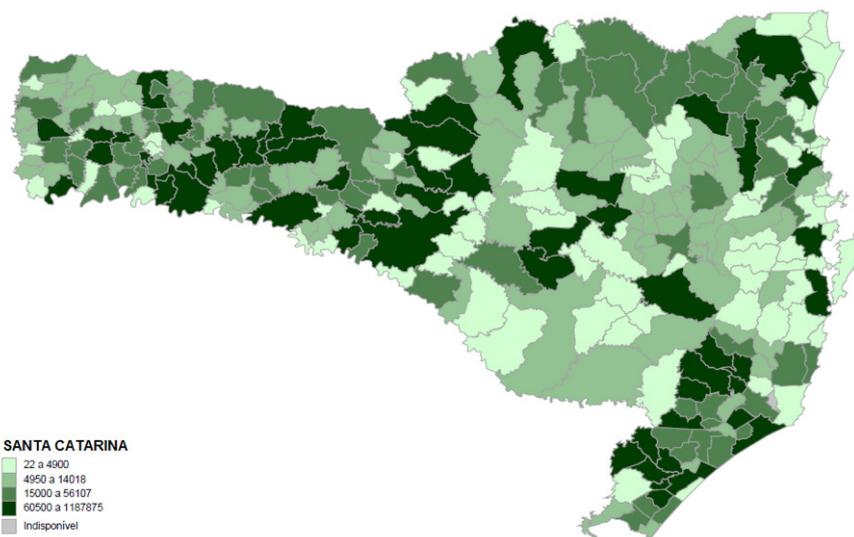
For hens and poultry the number of heads is given in Figure 5 to Figure 10.

Figure 5: Effective herd of hen (in heads) in the state of Paraná.



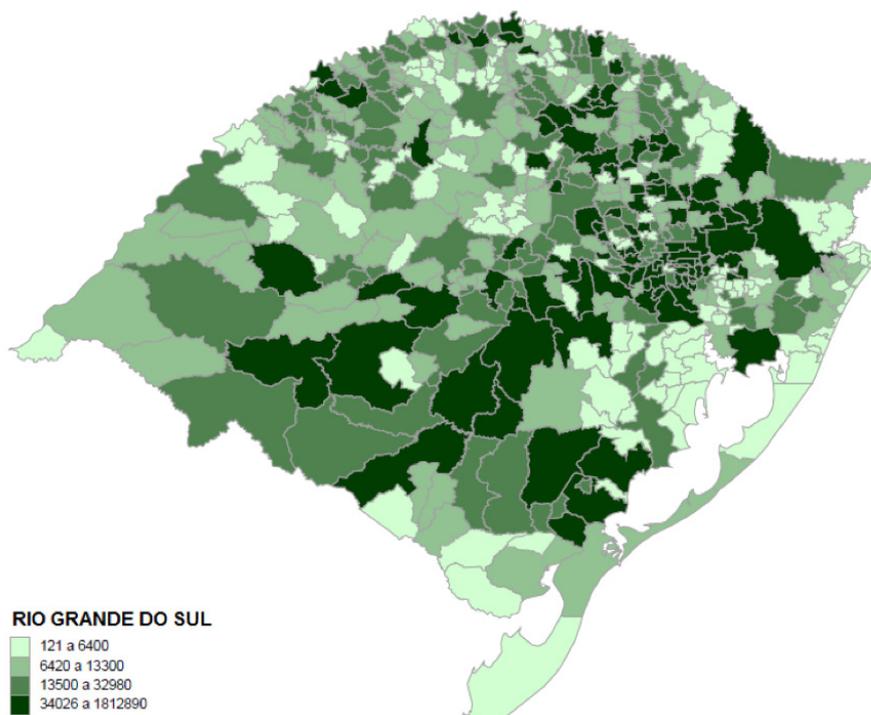
Source: IBGE Cidades
[<http://cidades.ibge.gov.br>]

Figure 6: Effective herd of hen (in heads) in the state of Santa Catarina.



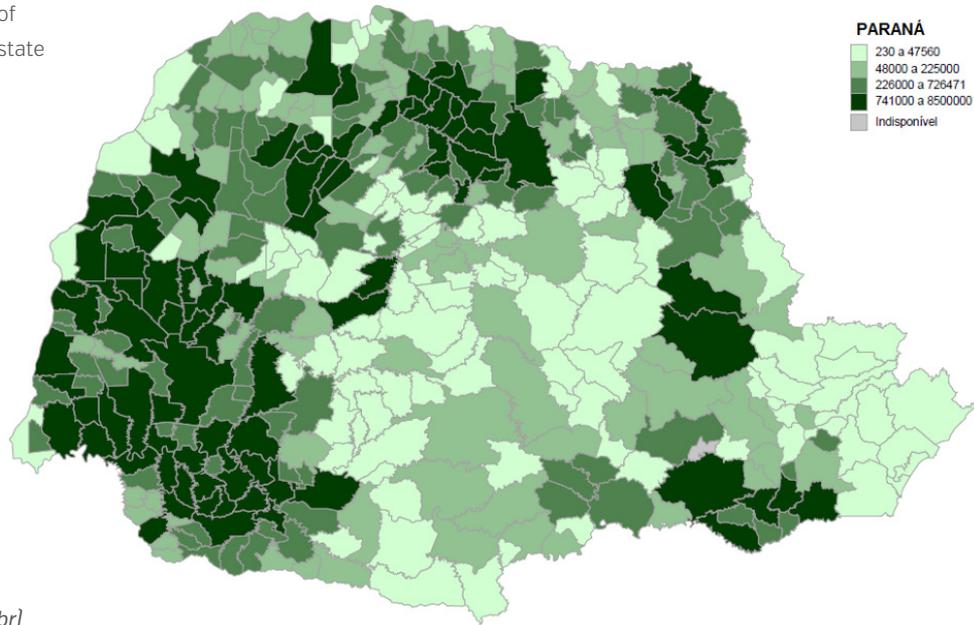
Source: IBGE Cidades
 (<http://cidades.ibge.gov.br>)

Figure 7: Effective herd of hen (in heads) in the state of Rio Grande do Sul.



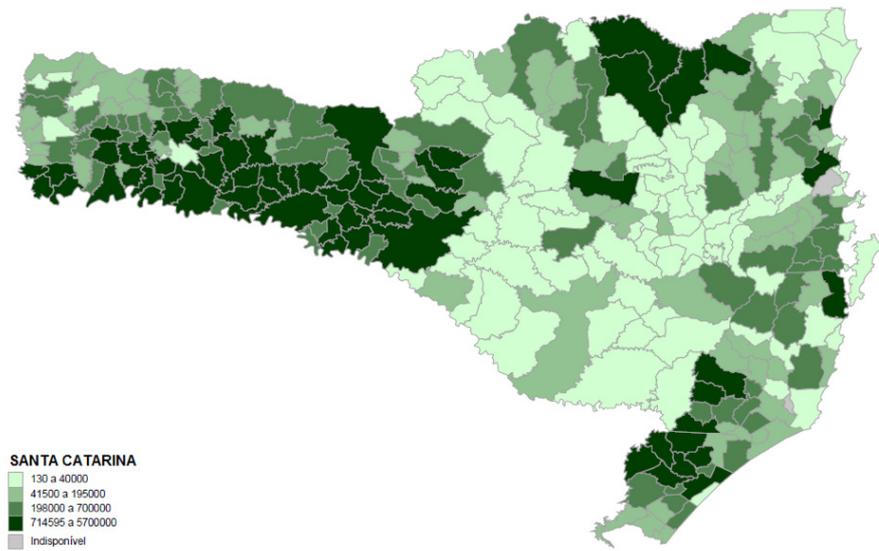
Source: IBGE Cidades
 (<http://cidades.ibge.gov.br>)

Figure 8: Effective herd of poultry (in heads) in the state of Paraná.



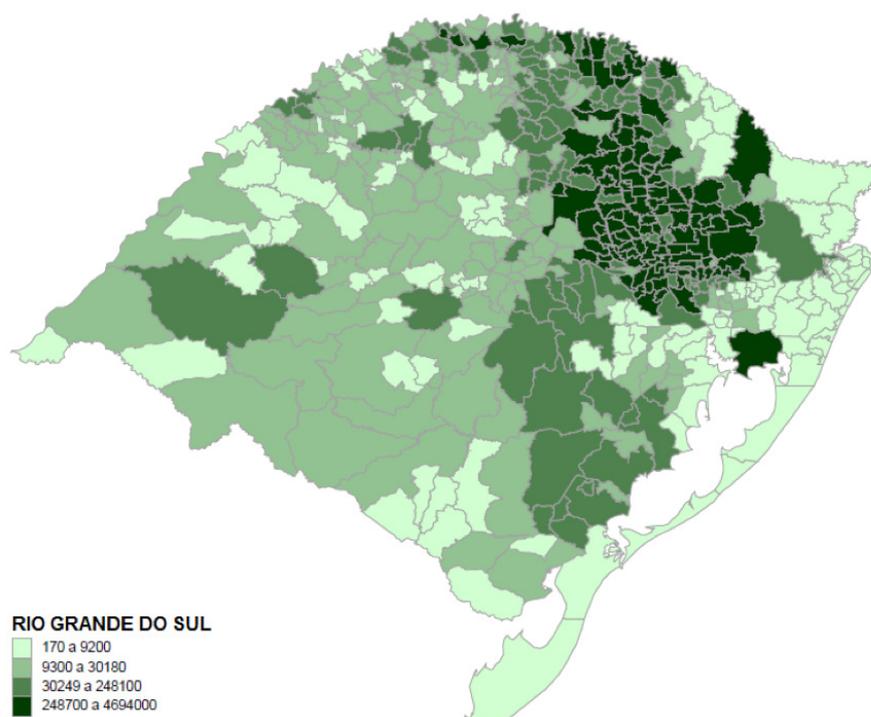
Source: IBGE Cidades
[<http://cidades.ibge.gov.br>]

Figure 9: Effective herd of poultry (in heads) in the state of Santa Catarina.



Source: IBGE Cidades
[<http://cidades.ibge.gov.br>]

Figure 10: Effective herd of poultry (in heads) in the state of Rio Grande do Sul.



Source: IBGE Cidades
[<http://cidades.ibge.gov.br>]

2.2. Anaerobic system

For the basic substrate (swine manure) combined with the variety of additional substrates only a completely stirred system (CSTR) and a mesophilic temperature (35 – 40 °C) is recommended. This is also the standard system all over the world, common and well proven. A potential dry matter content up to 10% inside the digester allows a wide spectrum of input materials and can be stirred sufficiently. The existing biogas plants in Brazil as covered lagoons do not fulfill the standards of efficient and modern biogas plants. Without stirring devices, heating systems and without possibility to avoid scums and sedimentation lagoons only have a very low performance

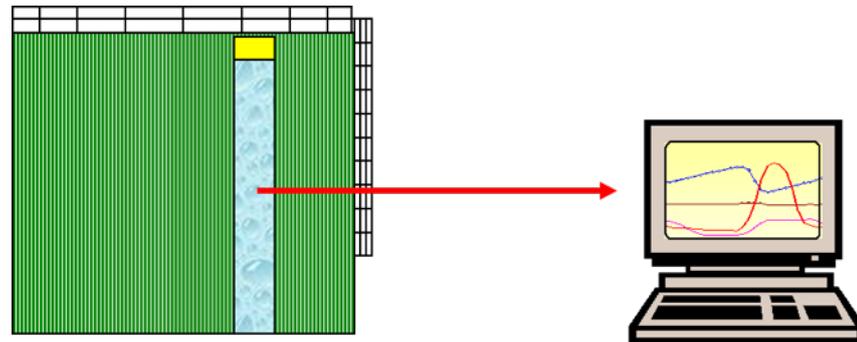
The following main dimensioning data are recommended:

- >> organic load: < 3,0 kg/m³ x d
- >> hydraulic retention time: > 20 d < 35 d
- >> DM-content digester: < 10%
- >> Spec. biogas production: < 3,0 Nm³/m³ x d
- >> Temperature: 35 – 40 °C (mesophilic)
- >> Feeding: semi-continuous
- >> NH_x: < 4.500 mg/l

2.3. Digester

In Table 2 (ANNEX) a comparison of different digester forms and systems is given. For the pilot plant, a cylindrical digester with a solid roof (no membrane) will be recommended. This will give the advantage of very good conclusions of the state of biology inside the digester by direct measurement of gas production [m³/h] and gas quality [Vol% CH₄]. The online

– visualization of those values, combined with points of input and digester-temperature allows an excellent “view inside the digester” (also see Figure 11 page 19).



A membrane covered digester with a big volume of gas on top would create a great dilution of the named values and will only allow long-term results.

This fact is important when running a pilot plant with different and changing substrates.

Furthermore the accessibility of submerged agitators is much better; maintenance could be done without opening the membrane.

To realize a good homogenization inside, the relation of diameter and height should not be too big. The optimum is $D = H$. It's depending on the soil whether the digester should be located underground or on ground.

2.4. Feeding system

In Table 6 a comparison of different feeding systems is given. Recommended is the input by pumping of liquids. . Then all pre-treatment is realized outside the digester and can be adapted or upgraded to different and changing substrates. Furthermore mixing of active sludge and fresh substrate is done intensively and controlled before entering the digester. This leads to lower energy consumption for agitation inside, a better degradation of organic and less problems like clogging of solids. Solid parts should be either mixed in a pre-storage tank with the liquids or should be dosed into a circulation flow and also pumped into the digester. All mixing of liquids and solids should be realized outside the digester. The agitation devices only will have to homogenize the active sludge inside. Also all other treatment could be added later.

The pre storage volume of liquids and/or solids has to balance different frequencies of substrate delivery and feeding intervals. A volume of less than one day of input is rare and has to be calculated very carefully.

2.5. Agitators

The content of a digester has to be mixed to supply the bacteria with fresh substrate and to discharge the products of intermediate catabolic products (like methane and CO_2).

A very wide spectrum of technical solutions is known and a lot of different inventions exist (see Table 3 in Annex). Main layout aspects are:

- >> Viscosity
- >> Length of fibres
- >> Homogenization of input-material
- >> Disposition building scums or sedimentation
- >> ability of speed converting
- >> Easy maintenance.

Anyway today we can recommend some basic kinds of agitation systems which are proven to have a good availability, fair energy consumption and low maintenance-costs.

Important is the possibility of maintenance / repair without whole opening or emptying the digester. The agitator has to be adapted to the viscosity of the substrate, should be supplied with a frequency control system to reduce the velocity and realize a smooth agitation of the digestate.

2.6. Gas-storage

The gasholder has to equalize production and use of biogas. As remarked above we recommend an external gas-storage, either on top of a storage tank for the digestate or as separate balloon / bag (see Table 5 in Annex). The main advantage is the very good possibility of controlling the biology, see 2.3). A weight on top is able to adjust the gas pressure of the whole gas-system.

An external storage also can be extended, if necessary.

2.7. Piping

Only products of local manufacturers are recommended for the construction of pipeline systems. The following points have to be considered in aspect of what was the technical material indication of the plant:

- >> The pressure
- >> The resistance against UV-radiation
- >> The temperature
- >> The chemical resistance
- >> Adequate Couplings and sealing
- >> Latitude forces
- >> Vibrancies

The following materials are recommended:

- >> Substrate: Steel or PE, UV- resistant
- >> Gas: PE UV-resistant or stainless steel

2.8. Gas-pretreatment

Biogas at the outlet of the digester

- >> is saturated with water (humidity of 100%),
- >> is composed of mainly CH_4 (50 – 65%) and CO_2 (35 – 50%),
- >> contains parts of H_2S of up to 2000 ppm (depending on the substrate)
- >> contains parts of O_2 and N_2 , if air is added for desulfurization
- >> may contain small parts of H_2
- >> may contain some dust

H_2O

To protect the cogeneration plant it is advised to eliminate H_2O and H_2S .

H_2O is eliminated by cooling down, discharge the condensate and heating again, so the dew point will not fall below the coldest point of the gas-system.

Desulfurization

H_2S can be eliminated by different treatment: chemical systems with ferrous components (liquid or solid) or with biological methods like adding air into the digester or installing a biological scrubber.

With both biological systems the H_2S is transformed into elementary sulfur by species of bacteria, which grow inside the digester or on the packing column inside the scrubber. The dimensioning must be done by calculating the surface of the active bacteria-film and the corresponding retention time of the gas.

If the gas volume on top of the digester is very small (as recommended here caused by the solid roof) we recommend an external biogas scrubbing system.

2.9. Use of biogas

The produced biogas should be used for cogeneration / (combined heat and electricity).

For the future, a small biogas upgrading unit will be installed.

Cogeneration

The main user of biogas should be a cogeneration plant (gas engine). This plant produces electricity for the use on site or for selling to the public grid. The produced heat (80 – 85 °C) is available for the process heating of the digester and for hot water supply for the farm or for the houses of the neighbours.

If the electrical grid is very unstable and not available at any time, the cogeneration unit can be used as an emergency backup generator (this decision has to be part of the detailed planning).

The size of technical proved solutions starts with the electric power of 20 kW and is theoretically unlimited (the biggest biogas power plant unit in the world is producing 20 MW). The most important aspect is the technical overall availability. This will mainly depend on:

- >> The quality of the product,
- >> The availability of spare parts and qualified maintenance,
- >> The education of the service team.
- >> The distance between the biogas plant and the next service station
- >> The education of the staff on site to do simple things by themselves

The named aspects are much more sensitive than the electric efficiency of the engine (something between 33% and 38% of the energy content of the biogas).

As the temperature of the engine must be guaranteed not to exceed certain limits, the cooling system has to be dimensioned for subtropical climates conditions especially in the warm seasons.

Upgrading to Biomethane

Upgrading plants for biogas are common in Europe and you will find different systems (chemical, physical, combination). Their energy consumption will be covered by electricity, heat or both of it.

The sizes start with 100 Nm³ of raw biogas per hour.

Regarding the size and the daily gas volume we are talking about small dimensions. In this case only a membrane system with physical membranes is advised to use. The modular system allows the realization of even small upgrading plants. It will be available from 10 Nm³/h (up to 1.000 Nm³/h). There will be no need for heat (> 100 °C for chemical scrubbing systems) but electricity for compression of the gas see (<http://www.sepuran.com/sites/dc/Downloadcenter/Evonik/Product/SEPURAN/en/brochure-sepuran-green-for-upgrading-biogas.pdf>).

Supposing that there will be no gas grid on site, the gas will have to be bottled with a pressure between 250 and 300 bar and used as CNG-fuel. In this case the energy consumption for the membrane-scrubbing is the first step to come to the final-pressure (Outlet membrane 10 – 20 bar).

In East Santa Catarina there is no gas grid. The existing gas grid is near to the coast.

The local gas distributor SCGAS is finishing next year the gas grid to the city Rio do Sul / SC.

When the gas grid is realized to Rio do Sul it will be the farthest point from the coast to the interior of the State of Santa Catarina. Today a gas compression point is located at the city Indaial/SC where gas tanks will be filled up with natural gas. This high pressure compressed natural gas is transported and distributed to the whole middle and east of the state SC by trucks. In consideration of the topographic situation, the damage for the nature, the high investment costs and difficulties to receive the environment licence for the construction of gas grids, SCGAS decided to create local micro grids for communities. These future micro gas grids shall be alimented by purified biogas that will be generated from future local biogas plants.

Flare

In case that none of the gas using systems is running, it is advised to install a small flare. This could be a local, manual driven solution.

2.10. Security

POTENTIAL AND SOURCE OF DANGER	PREVENTION BY
Explosion	Quality of gas-piping, sealing, potential leakages visible, identification of Exx-zones with special instructions
Formation of scums	bulking sludge: dimensioning of agitators, free space at the top of digester, emergency hole in the roof, scum-sensors
Leakages of substrate	Overflow into lagoon or similar, protective barrier
Clogging of pipes	Large dimensioning
Overpressure	Security valves (water sealed for gas)
Underpressure	Security valves (water sealed for gas)
Freezing	Irrelevant in Concordia
Earthquakes	Irrelevant in Concordia
Toxicities	Instruction of staff
Hygienic aspects	Instructions, separation of 'black and white areas'
Safety at work	Special instructions, education, controlled by experts
Maloperation	Fail safe systems, education of staff
Access by unauthorized persons	Protection by fencing
Vandalism / sabotage	Protection by fencing

There are not specific safety standards for bio digesters in Brazil, but there are regulatory standards (NR) of safety and health at labour of the Ministry of labour and employment (Ministério do Trabalho e Emprego – MTE):

Ordinance n. 3.214 of the MTE, 1978, more specifically, regulatory standard n. 9 given the classification of environmental risks to which the worker is exposed at swine farms.

NR-9 in item 9.1.5 sets like environmental risk “physical, chemical and biological agents exist in work environmental and, due to their nature, concentration and intensity and exposure time are capable of causing damage to health worker” (MTE, 1978). Also agents include risk economic and mechanical or accident.

The causes generating these risks concerning biogas plants are presented:

a) Physical Risks - thermal conditions (heat and cold), noise, vibration, Humidity, ionizing and non-ionizing radiation, abnormal pressures, infrasound and ultrasound. These risks correspond to the NR's 15 (Unhealthy activities and operations) and 16 (Hazardous activities and operations) (MTE, 1978).

b) Chemical Risks, according NR 15 (Unhealthy activities and operations) e NR 25 (Industrial waste) (MTE, 1978) – substances, compounds

or products can enter the body through respiratory route, as the fumes, dusts, mists, gases or vapours; or even the nature of the activity of exposure can have contact or be absorbed into the body through the skin or penetration.

c) Biological Risks – pathogens such as bacteria, viruses, fungi, bacilli, protozoa, and other biological organisms that might endanger the health of the worker. The same can be observed in NR 15 (Unhealthy activities and operations) (MTE, 1978).

d) According NR 17 (Ergonomics) (MTE, 1978), ergonomic risks are factors that can interfere with psychophysiological characteristics of the worker, causing discomfort or affecting your health. Example: incorrect posture, excess load lifting, repetitive strain, inadequate work organization, etc.

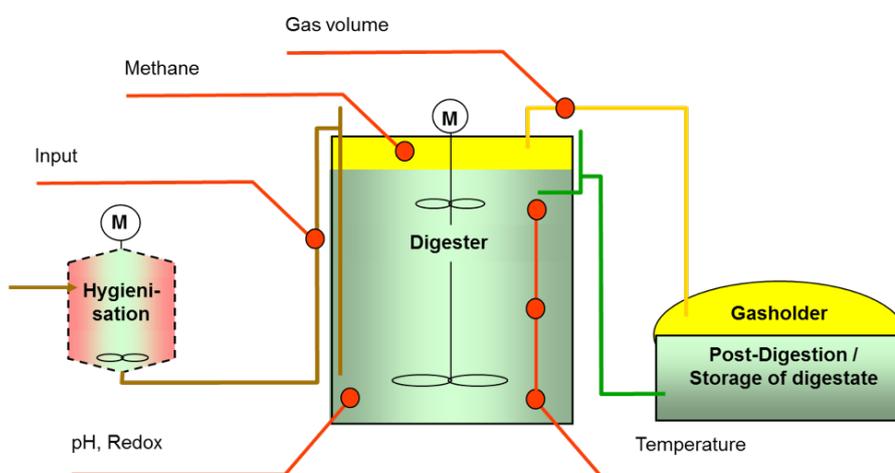
e) Mechanical/Accidents Risks – examples: machine and equipment without protection, probability of fire and explosion, inappropriate physical arrangement, improper storage, insufficient lighting, etc. These risks are described in NR 8 (Buildings), NR 10 (Electricity), NR 11 (Transportation, movement, storage and material handling), NR 12 (Machine and equipment), NR 13 (Boilers and pressure vessels), NR 14 (Ovens), NR 16 (Hazard), NR 19 (Explosives), NR 20 (Combustible and flammable liquids), NR 21 (Working in the open air), NR 22 (Underground work), NR 23 (Fire protection), NR 24 (Health conditions and comfort in the workplace), NR 26 (Safety signs) (MTE, 1978).

2.11. Measurement engineering

State of biological process

To estimate the state of biological system there are some key-values, that have to be controlled, see Figure 11 :

Figure 11: Measurements of biological process [UTECE]



Source: IBGE Cidades
 (<http://cidades.ibge.gov.br>)

Gas-production

the gas production as m³/h is (together with the methane-content) one of the most important values, because this value reflects the biological power of the plant. A reliable flow meter just at the outlet of the gas is recommended. When selecting this flow meter be aware of the moisture of 100% of the raw biogas, the amount of H₂S and the permission for Exx-atmosphere. An analog output signal (e.g. 0-24 mA) is obligatory.

CH₄- content of biogas

The content of methane (as Vol%) shows the activity of the methanogenic bacteria. It has to be measured manually (mobile sensor equipment) or (much better) continuously by a special gas-analyzer. There are a lot of different products available on the market. Important is a good service for calibration (drift of the sensors) and an analog signal (e.g. 4-20 mA) for external handling of the data.

pH

The pH-value can be measured manually. Values between 6.8 and 8.0 are common for anaerobic systems. All pH-sensors have to be calibrated in short intervals.

Redox

Measuring the Redox of an anaerobic process gives some relative numbers and is influenced by the pH and the concentration of H₂, O₂ and some other specific characteristics of the active biomass inside the digester. The reaction time is much faster than the pH-value and shows changes into bad biological conditions very early. This value can be used for regulation of the process and the feeding. The limit of Redox is no fixed value, but the variation has to be controlled. Out of that reason, a digital documentation and a curve is obligatory for interpretation. Sensors of Redox are cheap and have a long life-time.

Figure 12: Decision tree if measuring gas volume, c-CH₄ and pH / Redox [UTEC]

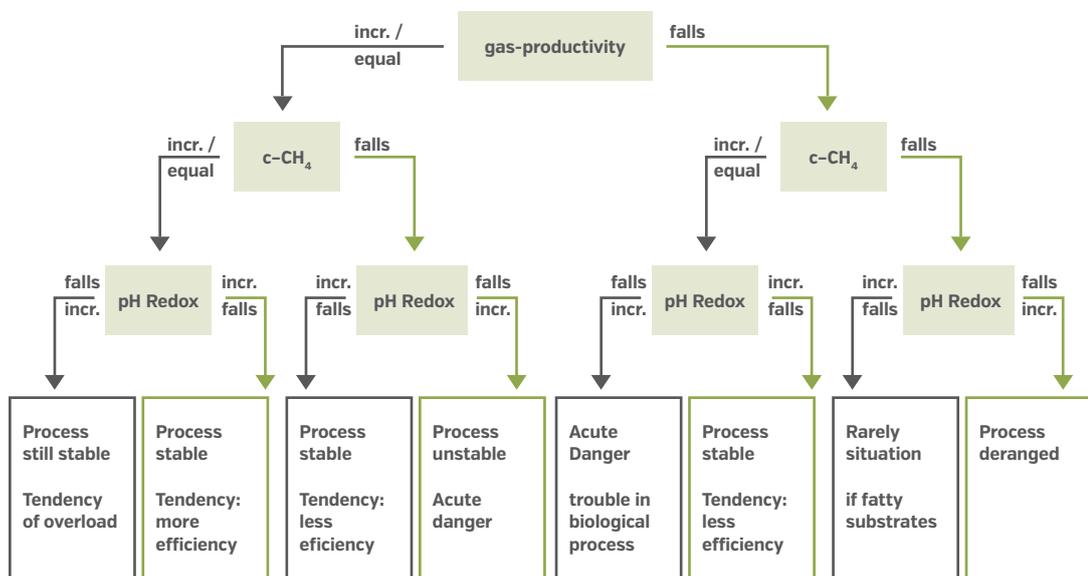


Figure 12 shows the dependency of gas production, $c\text{-CH}_4$, Redox and pH and the possibilities to influence the process.

FOS/TAC - O.K!

The relation between the amount of organic acids and the alkalinity of the digestate (FOS/TAC) also reflects the biological state of the digester. If the value exceeds the value of 0.4 to 0.5, detailed analyses are recommended. The value is analyzed by taking a sample out of the digester and does the measurement by titration. This could be done on site (recommended) or by an external laboratory.

Temperature

The bacteria need a stable temperature. For the pilot plant a mesophilic temperature of 35 to 40 °C inside the digester is recommended. The measurement should be done by simple thermometers for an optical control and additional with some sensors for the regulation of the heating system and a digital documentation.

Safety measurements

Pressure substrate-tubes

All tubes for substrate must be protected against overpressure. The pressure could exceed the limits by gas production of active substrate or by pumps. Pressure switches has to be installed, that are resistant against aggressive substrates and biogas.

Pressure gas-system

The digester is run by very low pressure (0 - 20 mbar). All measuring instruments must be suited for that low pressure-range.

Level

To avoid overflow in the digester, other tanks or to recognize scum on top of the digester, special sensors for metering must be installed. Recommended are simple systems like pressure-sensors or vibration-sensors. An optic control can be realized by so called bull's-eyes in the digester.

2.12. Control system

Concerning the control system, it can be differentiated between safety chains and a central control system, based on PLC and combined with visualization.

Safety chains:

Safety chains must be realized with hardware solutions (relays). They include emergency stops, overpressure, underpressure, overflow (level), gas-detection (Ex-safety), and other alarm-settings.

Agitators, pumps:

To realize time control of some components like pumps, agitation etc. we recommend to prefer simple clock timer

Central control system:

A central local system should be based on a PLC, corrections must be possible by local personal, and all providers have to use the same PLC-system and to disclose their coding.

Visualization:

Local products, internet-linked, should be used, combined with the possibility of remote control

Alarm system:

Alarm-devices have to be on site as audible and/or optical alarm, combined with a tele-control system (phone, SMS). Be aware to reduce the alarms to the minimum really needed, experiences show, that otherwise the operator will be motivated to install some bridges or bypasses.

For all components local products have to be used with priority!

3

SUPPORT BY EVALUATION OF INVEST (CAPEX) AND OPERATION COSTS (OPEX)

3.1. CAPEX

Capital expenditures (CAPEX) are expenditures creating future benefits. A capital expenditure is incurred when a business spends money either to buy fixed assets or to add to the value of an existing fixed asset with a useful life extending beyond the taxable year.

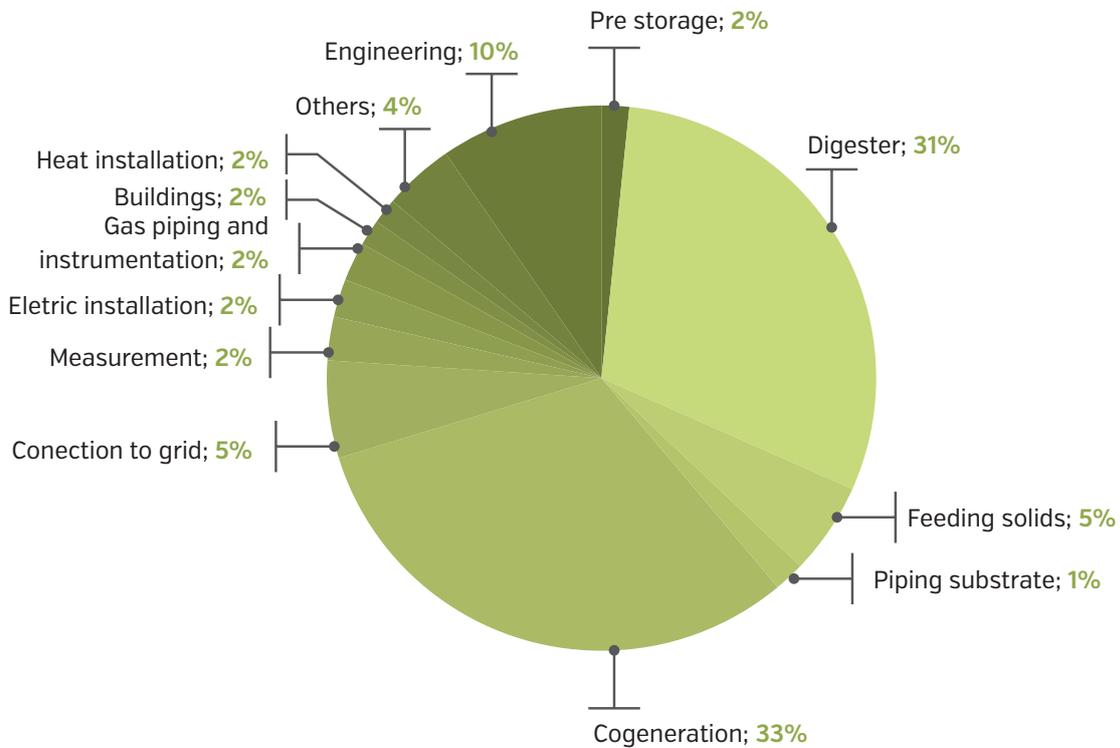
The total investment CAPEX includes all components and external services to realize the pilot plant like:

- » Pre-storage tanks
- » Storage area for solid wastes
- » Feeding system
- » Digester
- » Storage of digestate
- » Pumping of liquids
- » Gasholder
- » Security devices
- » Biogas torch
- » Cogeneration plant
- » Upgrading plant
- » Electric installation work
- » Regulation and visualization
- » Installation of gas piping
- » Installation of substrate tubes
- » Installation of heating systems and heat piping
- » Connection to the electric grid
- » Buildings
- » Fencing
- » Permissions
- » Engineering
- » Wheel loader, tanks, other vehicles
- » Roads
- » Property

If the plant is realized by an EPC contractor, the completeness should be checked and all additional sections have to be added.

The main invest costs are caused by the digester (33%) and the cogeneration plant (33%). An example is given in Figure 13

Figure 13: Example for the distribution of CAPEX [UTEC]



3.2. OPEX

Operating expenditure or operational expenditure (OPEX) is an ongoing cost for running a product, business, or system. Its counterpart, a CAPEX, is the cost of developing or providing non-consumable parts for the product or system. For larger systems like businesses, OPEX may also include the cost of workers and facility expenses such as rent and utilities.

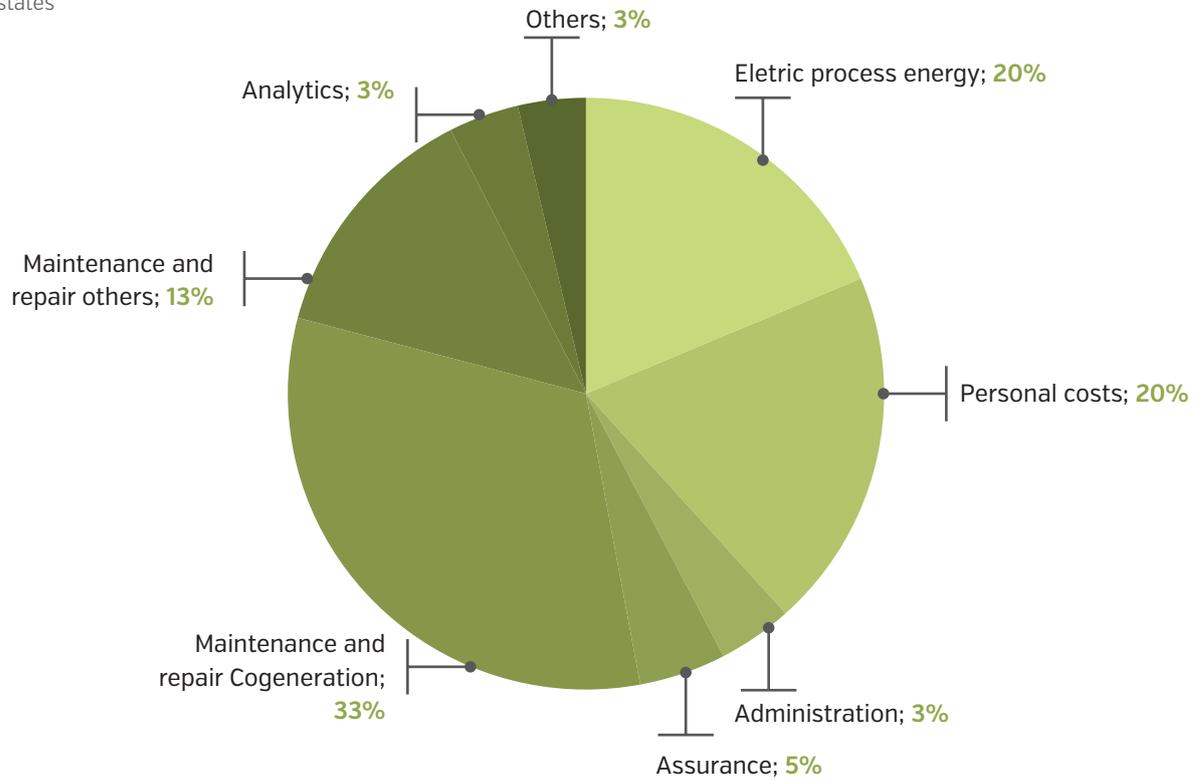
In business, an operating expense is a day-to-day expense such as sales and administration, or research & development, as opposed to production, costs, and pricing. In short, this is the money the business spends in order to turn inventory into throughput.

Low operation costs are the most crucial point for the economic efficiency of a biogas plant. The main aspects are:

- >> Costs for input-substrates
- >> Application of digestate
- >> Electric energy for process
- >> personnel costs (internal and external, specification see chapter 4)
- >> consumables like oil, active coal, fuel
- >> maintenance
- >> repairing
- >> insurances
- >> analytics
- >> administration
- >> Others

Figure 14: Example of structure of OPEX without costs for substrates and digestates

The main operation costs are caused by Electric energy; maintenance and repair for cogeneration and personal (see Figure 14).



4

SPECIFICATION OF OPERATION PERSONAL

Personal is needed for the following services:

- 1) Administration (contracts, financing, cash-flow)
- 2) Operation (feeding, process-control, documentation)
- 3) Maintenance (biogas plant, cogeneration plant, upgrading plant)
- 4) Biological control, analytics
- 5) Utilization of digestate

ad 1)

Personal ad 1) has to be engaged by the owner of the plant.

The administration must be done by personal, who are experienced with all Brazilian background.

ad 2), 3),

Personal could be engaged by the owner or (may be better) contracted to an external specialist with the wanted experience and will be responsible for the total availability.

All personal must be available at all time. Overall the operation of a biogas plant always requires at least two persons, who have the same education and know-how and can replace each other during holiday, illness or other cases.

The education of personal ad 2) will be very rare in Brazil today. Therefore the engaged people has to be selected very carefully and educated by biogas-experts. The existing background should be a mixture of electrician, machinist (mechanic), basics of IT and preferably basic knowledge of biology.

The maintenance could partly be done by the operation team. The education of 3) is more specialized in different components of the plant and may be contracted with the service team of the manufacturer or provider. If responsibilities are delegated to an external operator, this operation company will be responsible for all other contracts.

ad 4)

The biological control can be divided in two parts. The one is the daily analytic control in situ (e.g. pH, FOS/TAC, H₂S, CH₄, CO₂). This should be done by the local staff.

All more detailed analytics should be done in an external laboratory with experience of that kind of analytics (e.g. nutrients, DM, oDM, fatty acids, and trace elements).

ad 5)

Personal ad 5) has to be engaged by the contracted farmer or is done self. The administration team ad 1) is recommended to control the correct use of the digestate (demand and supply of nutrients)

Qualified workers and companies are difficult to find. Generally the system works like train on the job and quality comes over experience. But there is the institution SENAI from the government that makes capacity building for various profession fields. SENAI established courses to become for example qualified hot water mechanic, industrial mechanic and electric mechanic. (<http://www.senai.br/portal/br/home/index.aspx>)

5

USE OF THE LOCAL LABOR-UTILITIES

The existing structure in EMBRAPA shall be used essentially to combine and integrate with the plant.

The EMBRAPA'S biogas laboratory contains:

- > 15 eudiometer to batch tests;
- > 2 thermostatic baths,
- > 3 reactors of 15 L and 1 reactor of 30 L to semi-continuous tests, with mechanical agitation and flow meter gas;
- > 1 acclimatized to inoculums.
- > In next year, probably the laboratory will receive 1 gas chromatograph.

Actually two persons are working with the lab.

In other lab departments from the EMBRAPA are some equipment for physic-chemical analysis of the substrates.

6

TRANSFER OF THE RESULTS IN BRAZIL

With the integration of the pilot plant and EMBRAPA's biogas lab, the results achieved in lab and plant can be compared, the deviation of results can be analysed and the decision more suitable to improvement of the process can be taken. These investigations will contribute to best agreement and transfer of results between parts, as, it will enable to create a databank by the institute with the purpose of publishing the results achieved in plant together with the biogas lab to academia the public and other interested.

This cooperation formed to approach multidiscipline themes will allow the training of people in different areas and the propagation of this knowledge obtained by means of academic works, technical reports, scientific reports, participation in congress and seminar, among other ways.

The Brazilian Government will highly be interested to create new industries and new products with new technologies developed and produced in Brazil and to reduce the dependency on International imports – like in the field of wind power. The first wind power units in Brazil have been erected by importing the whole equipment; today Brazil has established a large and very successful national wind power industry.

The pilot plant will be erected with a mix of national and imported equipment. The Brazilian future in the field of biogas depends of the nationalisation of equipment and components. This nationalisation has to be realized as fast as possible, otherwise the following negative effects will handicap the realization of further projects:

- >> High import taxes,
- >> Currency risk (Importation) and
- >> Financing in Brazilian currency (only for national products possible).

The imported technology/equipment will be in operation and also researched. The transfer of the results from that study will benefit the Brazilian industry to produce and supply more own and competitive components.

7

PART OF R&D IN RESPECT OF ECONOMICS (INCOME)

To maintain the pilot plant in operation, a business plan in cooperation with the partners has to be developed. E.g. SENAI, EMBRAPA and local universities will be able to participate. Each of the partners will have their own political and financial systems how to operate the plant from their side and they will work together to promote also some projects with local private companies.

As local partners in Brazil (BGT) told us, SENAI and EMBRAPA have a lot of experience in the field of fund-raising.

The plant will generate electricity, fertilizer, heat energy and -in the future- as a further step biomethane. The plan should be to sell the excess of these products to the local farmers. When the purification unit is erected the biomethane should be sold to the company SCGÁS.

The project should receive also some subsidies from the government, with reductions of taxes and fostering education programs like in Germany for example.

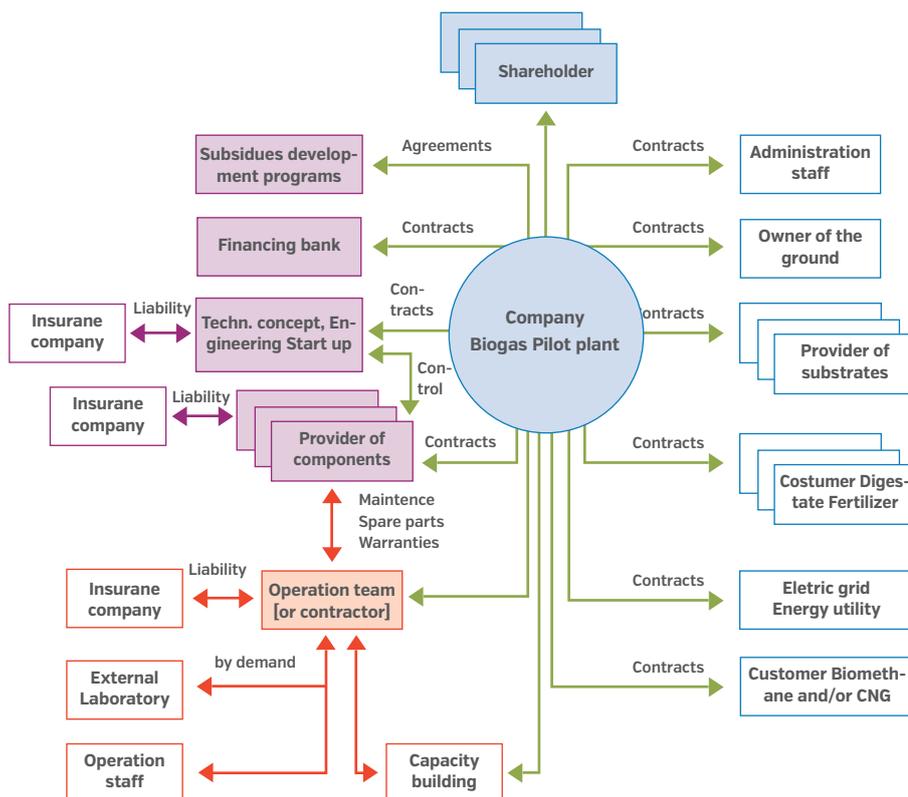


DEFINITION OF INTERFACES IN RESPECT OF RESPONSIBILITIES

The following figure gives a rough overview about the diversity of responsibilities, contracts, liabilities etc. when realizing the pilot plant. It's obvious, that a strong and engaged project management is required, to realize a final 'GO' for the project.

Figure 15: Organogram of interfaces and responsibilities

blue: owner / shareholder of biogas company
green: direct contracts with biogas-plant company
purple: participation in erection of the plant
red: Contracts between biogas company and operation team (intzemaal or external)



9

DEFINITION OF ASPECTS FOR WARRANTIES

In the past years the biogas market in Germany/Europe has grown fast to a large and established business and the industry has developed in practice over many years a smoothly running warranty system to serve in the best possible way when warranty cases are happened and problems have to be resolved in a short time to not break down the production of biogas/biomethane at the plant. Therefore it is suggested to pretend to transfer this working system to Brazil and negotiate with local suppliers fair and similar solutions like in Germany/Europe that will help the local supplier to open/create an additional business field and serve on the other hand side to maintain the biogas/biomethane production level on course.

The most crucial component of a biogas plant will be:

- >> the cogeneration plant (engine, instrumentation, heat exchanger, electric control system),
- >> feeding systems of solids and liquids (pumps, cutter, screws)
- >> bad quality in respect of piping (welding, wrong materials, fixing, vibrations)
- >> agitation devices.

Aspects of warranties could be:

- >> Service Hotline/technical assistance
- >> Warranty for construction
- >> Warranty for function
- >> Duration of warranties
- >> Insurances for business interruption
- >> Security deposit
- >> Service-contracts
- >> Penalties
- >> Surety ship
- >> Liabilities

It is recommended to reduce the technical and economic risks for a biogas plant as much as possible to a minimum. Therefore it will be particularly important to find the right partners and contractors to come to clear, fair and practical solutions for both parties. The highest priority for a biogas/biomethane plant lay on the ongoing process and the stable generation of values. Technical problems must be resolved as fast as possible. For that reason the partners also have to find definitions that prevent in each case judicial conflict.

The best working way to avoid conflicts in emergency cases because of fast demands of equipment is to have sensitive Key-Biogas-/Biomethane Plant components in stock on biogas plant side. In this way the time of repair could be minimized.

Also guaranteed and reliable delivery times for the components of the suppliers and transport- distances /-times from the manufacture to the biogas plant have to be considered when that stock of spare parts will be defined.

10

AUTOMATION OF THE PLANT

A biogas plant is a complex system, but must not be complicated to operate. But it's never only a machine and the capacity and engagement of the operation team has a big influence.

You can buy the best and most sophisticated plant: with a poor operation quality it will not run satisfactorily (see point 13.4).

Some essential things have to be considered well:

- >> Possibility to control the main parameters manually (e.g. temperatures, feeding, pH, pressures, levels)
- >> Daily control of automatic documentation and control of logic of the values (of the main parameters like gas production, methane-content, temperatures, amount of input, produced electricity, process energy (electric and heat).
- >> Possibility to operate the main components e.g. pumps, agitators, separators, cogeneration) manually without influencing the safety chains
- >> Daily control and handwritten documentation (additional to automatic documentation)
- >> List for life time of components, maintenance and spare parts
- >> List of technical checks (what, when, who)
- >> Definition of a reliable alarm-system and directives for reaction

11

POTENTIAL OF SYSTEMATIC NONCONFORMITIES, THAT WILL OCCUR DURING THE LONG TERM OPERATION OF THE PLANT AND RECOMMENDATIONS TO AVOID THEM

11.1. Education of wrong people

The target of capacity building is the long-term availability of the educated people for the project. You will very carefully have to ensure not to educate wrong people. In this context 'wrong' can be:

- >> By qualifying people, the social position will change. You have to think about the possibility, that the well educated person has new career opportunities and may look for a 'better' job or a higher position. You have to explain and to convince the people, that their new job is a job as biogas-expert.
- >> Operating a biogas plant always is combined with some 'dirty' work like contact with substrate, biogas, and digestate. Be sure, that the educated people will not change their habit in doing this in the future. Even in the laboratory, when doing anaerobic tests, you must not be sensitive for bad smell and disgusting substrates.
- >> The paying of the educated people has to be related to their new knowledge. So don't calculate with some unskilled workers. Even simple work has great influence of the availability of the plant!
- >> Don't educate the boss or graduate for work of operators, because he will always remain in his position and will not do work below his status.
- >> Biogas needs a very high identification with the job. Look for that interest when choosing people, neither the operator, the lab assistant nor the administration team.

11.2. Personal and pecuniary interest of the responsible operators

The total availability of a biogas plant is one of the most sensitive economic aspects- both the biological process and the system for gas-use. Every minute of non-function creates economic losses. Besides the selection of strong equipment, the quality and reliability of the operation team is the most crucial point. It is advised to install a kind of bonus - malus - system to participate the operator on the economic results. He himself must be highly interested to resolve the problem when there is any failure.

This is also valid for the personal, which is responsible for the management of the spare parts (provision, storage, warranties) or responsible for all communication with other external maintenance teams.

If the operation is contracted with an external company, all aspects above are valid for this company.

11.3. No budgeted for operation

Experiences show that a short calculation of the operation costs will endanger the plant. Especially a pilot plant with semi-economic operation

has to be calculated generously to avoid leaks of net current assets. This must be ensured during the whole expected life time.

Pay attention of the volatile spec. prices by the income (e.g. electricity, substrates) and the increases of wages etc. All OPEX-calculation has to calculate with dynamic methods.

The OPEX-budget is also influenced by the contract design, their duration and the reliability.

11.4. Supply of substrate not cleared

For all biogas plant the supply of substrate is a very crucial point. In most of the German plants the farmer is the owner both of the plant and the substrate. In this case he will always be sure to dispose of enough input material.

Concerning the pilot plant the owner will not be a farmer but a different organization or person. Then you need a long term contract for the input material and you will have to realize some positive aspects for the different provider. This could be economic incentives or others (environment, green image, and other public obligations).

11.5. Enviousness of neighbors

Because the majority of the farmers in Brazil will be very sceptic of biogas today, you can expect a jealous behavior, if a biogas plant is erected and running well. This may cause social problems. Therefore think of an open communication in the neighborhood – from the beginning of the project.

11.6. Participation of the operators during planning, construction and start up

All staff foreseen to the operation of the plant should be involved already during the construction or even during planning. This enlarges the knowledge of all details in an easy way and ameliorates the troubleshooting later on. Also the personal identification will be much better (part of “learning by doing”).

11.7. Structure of organization and responsibilities

All responsibilities must be clarified and contracted clearly. This calls for an exact definition of the interfaces. Recommended are the following aspects:

- >> Owner of the plant is responsible for the total financing and contracts with all others
- >> Clear definition of the responsibility of the consultant, constructor of the plant (contract between the owner, who will be responsible for the realization of the whole plant)
- >> Owner of the land (contracts have to be concluded for selling the ground, leasing etc.)
- >> Interface connection to the electrical grid (physical interface, contracts selling and/or buying electricity with definition of electrical spec. data, power etc.)

- >> Interface connection to the gas grid if available (physical interface, e.g. flange, definition of all parameters for the gas, volume and power)
- >> Interface to the input of substrate (tube, tank, pump, flange etc.)
- >> Interface to storage and/or use of digestate (lagoon, tank, tube, flange etc., spec. data, volume, nutrients etc.)
- >> Interface to ground water (water well)
- >> Interface to telecommunication (spec. data, table, cable etc.)
- >> Operation team
- >> employees (contracted directly by the owner)
- >> external contractor (responsible for all contracts inside his work package)
- >> Laboratory for external analytics
- >> R&D activities (contracts with definition of kind, volume of tests, influence to basic operation etc.)

Failing this exact definition of the interfaces leads to leaks of responsibilities. In worst case, nobody will feel responsible and economic losses are unavoidable.

12

DEFINITION OF MODELS FOR FUTURE EXPANSION OF THE PLAN

When the pilot plant will be in good operation, it could be expanded by the following actions:

- >> New plant or system of biogas upgrading to obtain biomethane;
- >> Increase and innovations of the reception of substrates (quantity and quality);
- >> Implementation of new processes for utilization of byproducts like CO₂ and bio fertilizer;
- >> Increase of area for training and research according to demand;
- >> Implementation of different layouts of digesters according to new substrates.

13

DEFINITION OF R&D ASPECTS

13.1. Technical view

The pilot plant will enable research and training in different areas, amongst others mechanical and electrical engineering, chemistry, civil engineering, biology; chemistry; studies about bio fertilizer; wastewater treatment, energy balance, etc.

There are many options to research and the exact settings depend on the responsibility of the institute, university etc. Some topics to be developed can be:

- » Characterization and potential of biogas production from different substrates;
- » Systems of preparation (grinding, sterilizing, drying, etc.) and mix of substrates;
- » Characterization of the micro flora and manipulation orientated of biological communities;
- » Microbiological analysis of new substrates in respect of process optimization,
- » Evaluation of new additives (enzyme products, microelements),
- » Studies of different digestion systems according to specifications of the substrate,
- » Hydrodynamics, hydraulic retention time and mixing time (dynamics of fluid),
- » Studies about the destination of the digestate like fertilizer and use in different types of plantations; research related with agricultural area,
- » Studies for treatment of liquid digestate or recycling,
- » Improvement of the on-line analyses,
- » Materials and energetic balances,
- » Emission of fumes of operation of the plant,
- » Stability of process in critical conditions operational,
- » Investigation of the effects of scale,
- » Studies about the imported plant components to elaborate national products.

13.2. Economic optimization

R&D as part of this project can be economically optimized if integrated in programs of government or private industry with economic incentive for investing in new technologies, alternative sources of renewable energy and many other researches in these areas. Examples of private partners could be:

- » the concessionaire of public services of distribution, transmission or production of electric power,
- » the industries that have permission of public service of distribution of electric power,
- » the industries that have authorization to independent production of electric power, with the exception of industries that produce power exclusive from wind park, solar, biomass, co-production qualified and small central hydro-electric.

Annually they all must apply a minimal percentage of their net operational budget in R&D projects.

As convenient governmental organizations ANEEL, FAPESC and FINEP should be named.

ANEEL

The National Agency of Electric Power (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL) regulates projects of Research and Development technology of the department of electric power.

FAPESC

The Foundation for Research and Innovation in the State of Santa Catarina (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC) is involved in the development of scientific and technological research for the advancement of all areas of knowledge like regional balance, sustainable development and improving the quality of life of population of Santa Catarina.

Support for research and scientific infrastructure is serviced by Public Calling (induced demand) or, exceptionally by spontaneous demand by presenting specific projects to the Board.

The modality of promotion through spontaneous demand aims to allow bidders to submit designs for free enterprise in all areas of knowledge. This is the exception to the modality induced demand by notices of public demand calls as a way to not restrict the creative and innovative capacity of the actors of the State System of ST & I. Thus enables the financial support to projects that hold technical and scientific merit even if the line of research is not addressed in public calls of FAPESC.

FINEP

The Brazilian Innovation Agency (FINEP) grants refundable and non-refundable financing. The support of FINEP covers all stages and dimensions of scientific and technological development like basic research, applied research and innovation as well as development of products, services and processes. FINEP also supports the incubation of technology-based companies, the deployment of technology parks, structuring and consolidation of the processes of research, development and innovation in established companies, and developing markets.

Funding proposals must be submitted in response to public calls or special orders. FINEP also acts with increasingly intense in supporting technology-based companies. Since 2000 FINEP develops Innovate Project (Projeto Inovar), which involves extensive, structured and transparent set of actions to stimulate new businesses, through a range of instruments, including the supply of venture capital, indirectly via venture capital funds.

Funds can be classified in non-refundable and refundable funds.

Non-refundable financing

When talking about non-refundable financing we mean financial support given to public institutions or non-profit private organizations with the intention of:

- >> realization of projects of scientific or technological research and innovation;
- >> studies or meetings and seminars aimed at the exchange of knowledge among researchers;
- >> Economic subsidies to promote a significant increase in innovation activities and increase the competitiveness of companies and the economy. This type of financial support is the application of non-repayable public resources (which need not to be returned) directly in companies, to share with them the costs and risks inherent in such activities.
- >> Potential institutions for non-refundable financing could be:
- >> Universities and other educational and research institutions, public or private, provided that non-profit;
- >> Institutions and technology research centres, public or private, provided that non-profit;
- >> Other public institutions and non-governmental non-profit organizations;
- >> Brazilian companies.

Refundable financing

Refundable financing could be realized by loans of institutions that demonstrate ability to pay and conditions to develop projects of R&D. Investing periods and amortization are calculated on the basis of the combination between the execution time of projects, its cash flow and ability to pay the company.

13.3. Implementation of programs for education and trainee

The education program is interesting for several groups like:

- >> Schools
- >> Universities
- >> Research-centre
- >> Communities
- >> Provincial Governments
- >> Federal Governments
- >> Companies and associations.

This education program should demonstrate the benefits and advantages of a biogas plant. For instance:

- >> Fostering the generation of organic waste disposal with energy
- >> Exemplary demonstration how to increase production with sustainability
- >> Demonstration of adequate Biogas concepts for local realities

The operator training program is very important to have best trained staff in the future. It is recommended to develop adequate training concepts for local reality with national experts in interaction with international biogas training experts to create specialized manpower.

A training program should include for example:

- >> Operation
- >> Administration/management
- >> Maintenance
- >> Facilities knowledge
- >> Automation/process control
- >> Security
- >> Substrate quality control
- >> Biology
- >> Adaption of new substrates
- >> Communication with online supervision
- >> Handling of emergency cases
- >> Basic accidents,

After the participants passed that training program they have to pass a theoretical and practical examination. After a successful test, the participants will receive a certification what will authorize them to operate biogas plants.

The most important point to have a smoothly and successful running biogas plants is an excellent operator, specific educated and trained as well as high motivated. The long term experiences in Germany show us that even those biogas plants that are fitted with the most modern, most expensive and highest quality of equipment are not running well when the operator is bad prepared and not motivated. On the opposite, a highly motivated operator with even only basic knowledge will have big success with even that biogas plant that have only the most simple and standard equipment.

14

SUMMARY OF RECOMMENDATIONS
FOR DIMENSIONING*Size of the plant:*

- » Biogas-production < 3,0 m³/m³ x d
- » Organic load < 4,0 kg oDM/m³ x d
- » Retention time min 20 d, max. 35 d
- » Degradation > 95%
- » System Completely stirred reactor (CSTR)
- » Temperature mesophile (35 - 40 °C)

Digester

- » Form cylindrical
- » Diameter / Height - D=H optimal, dagegen spricht Leiter, Podest etc.
- » Agitating device central agitation high priority
- » Process heating external heat exchanger
- » Roof solid roof without function as gas-storage
- » Isolation none or simple with local material (low quality)
- » Outlet substrate Overflow and antic logging with 'bubbles'
- » Material concrete or steel
- » Accessibility: Manhole, low level outlet
- » Maintenance: Maintenance of all part without emptying the digester
- » Process-control: optic control
- » sensoric control, visualization

Feeding system

- » Prestorage
- » Feeding liquids pumping of liquids
- » Feeding solids special pumps and dosing device for solids

Piping

- » Substrate: Steel or PE, UV- resistant
- » Gas: PE UV-resistant or stainless steel

Gas-storage

- » Size 3-6 h
- » form whatever
- » type low pressure gas bag with or without weight
- » Location separat gas bag
- » Material PE, PVC, EPDM
- » Level-control simple measurement with ropes and optic sensor

Gas-scrubbing

- >> H₂S external water scrubbing (biological cleaning)
- >> addition of special iron-additives (chemical cleaning) active coal (fine tuning)
- >> addition of air to the gasholder (only if temperature and retention time is sufficient – biological system)
- >> NH₃ water scrubbing (chemical elimination)
- >> H₂O technical drying (cooling to a certain dew point)

Cogeneration

- >> Motor Gas-Otto (50 – 100 kW)
- >> Manufacturer local if available

Upgrading to biomethane

- >> Size > 10 m³/h raw biogas
- >> > 5 m³/h biomethane
- >> Type Membrane technology

Measurement engineering

- >> Process control: Temperature, pressure, flow of gas and substrate,
- >> Redox, pH, FOS/TAC, Gas-Quality
- >> Visualization: online, tele-controlled

Control system

- >> Emergency links simple hardware solutions (relays)
- >> Agitators, pumps simple clock timer
- >> Electric components local products
- >> Central control system: PLC, local corrections must be possible
- >> Visualization: local products, internet-linked
- >> Alarm system: Alarm devices on site, phoning

Security

- >> Overall: Fail safe systems
- >> Devices: simple devices, easy to understand

BIBLIOGRAPHY

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Biogás: projetos e pesquisas no Brasil. CETESB, Secretaria do Meio Ambiente. Organização Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer ; responsável técnico João Wagner Silva Alves. São Paulo, 2006. Disponível em : <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. ISBN 85-8 6624-50-0.

FATMA - FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. Instrução Normativa n.º 11, de 2009. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br>. Acesso em: Agosto de 2013a.

TAVARES, J. M. R. Consumo de água e produção de dejetos da suinocultura. 2012. Dissertação [Mestrado em Engenharia Ambiental]. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE E.V. Guia Prático do Biogás. Geração e utilização. 2013. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/probiogas/guia-pratico-do-biogas.pdf>>

Zimmermann, Christoph: “Prozesskontrolle durch dynamische Betriebsweise”, Biogas-Fachgespräch Gülzow, FNR 2004. Extract: http://www.utec-bremen.de/2_biogasanlagen/ref_betriebsfuehrung_detail.html

Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.]: Biogashandbuch Bayern – Materialienband, Abschnitt 2.2.5: Anlagensicherheit und Arbeitsschutz und Dokumentation der Fortschreibung - Juni 2013; web: <http://www.lfu.bayern.de/abfall/biogashandbuch/index.htm>

PORTARIA MTB N° 3.214, DE 08 DE JUNHO DE 1978; Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho.Link: <http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/63/mte/1978/3214.htm>

Sepuran-green GmbH [Hrsg.]: sepuran-green for upgrading biogas, link: <http://www.sepuran.com/sites/dc/Downloadcenter/Evonik/Product/SEPURAN/en/brochure-sepuran-green-for-upgrading-biogas.pdf>

<http://www.fapesc.sc.gov.br/>

<http://www.finep.gov.br/>

<http://www.cidades.ibge.gov.br/>

<http://www.cidades.gov.br/index.php/probiogas.html>

16

ANNEXES

Table 1: Potential of substrates for pilot plant

Table 2: Comparison of different digester-systems

Table 3: Comparison of different agitation systems

Table 4: Comparison of different heating systems

Table 5: Comparison of different gasholders

Table 6: Comparison of different feeding systems

Table 1: Potential of substrates for pilot plant

Substrate	FUTURE COMPETITION WITH USE AS					
	ALIMENTATION	SOLID FUEL THERMAL USE	COMPOSTING	DIRECTLY AS FERTILIZER	DUMP OTHERS	SEWAGE PLANT
	a	b	c	d	e	f
Swine manure	-	-	-	X	-	-
Swine dung	-	-	X	X	-	-
Cow manure	-	-	-	X	-	-
Cow dung	-	-	X	X	-	-
Poultry manure (dung)	-	-	X	X	-	-
Dry chicken manure	-	-	X	X	-	-
Wastes of food-industry	X	X	-	-	-	-
Wastewater palmoil-industry (POME)	-	-	X	X	-	-
Glycerin from bioethanol production	-	-	X	-	-	-
Wastes of sugar industry	-	X	X	-	-	-
Packed organic wastes	X	-	X	-	-	-
Fruit and vegetables	X	-	X	-	-	-
Waste water slaughterhouses	-	-	-	-	-	X
Waste water alcohol production	-	-	-	-	-	X
Industrial waste water	-	-	-	-	-	X
Sewage sludge	-	-	X	X	-	-
Content of grease trap	X	-	X	-	-	-
Flotation sludge slaughterhouse	-	-	-	-	-	-
Content of stomach swine	-	-	X	-	-	-
Paunch manure	-	-	X	-	-	-
Wastes of kitchens and canteens	X	-	-	-	-	-
Organic waste of households	-	-	X	-	-	-
Energy crops	X	-	-	-	-	-

Substrate	ACTUAL USE	AVAILABILITY IN CONCORDIA	DM % OF FM		ODM % OF DM		SPEC. GAS M ³ BIOGAS PER T FM	
			min - max	min - max	min - max	min - max		
Swine manure	d [party]	X	3 - 7	75 - 82	20 - 35			
Swine dung	d	X	20 - 25	75 - 80	55 - 65			
Cow manure	d [party]	X	8 - 11	75 - 82	20 - 30			
Cow dung	d	X	ca. 25	68 - 76	40 - 50			
Poultry manure [dung]	d, e	X	ca. 32	63 - 80	70 - 90			
Dry chicken manure	d, e	X	40 - 75	75 - 80	200 - 250			
Wastes of food-industry	d, 3	X	5 - 75	80 - 95	50 - 700			
Wastewater palmoil-industry [POME]	c	-	3 - 5	80 - 90	22 - 25			
Glyzerin from bioethanol production	N.N.	-	95 - 97	90 - 94	800 - 870			
Wastes of sugar industry	b, c, d	-	50 - 60	90 - 95	300 - 350			
Packed organic wastes	e	X	9 - 37	80 - 98	50 - 480			
Fruit and vegetables	a, e	X	9 - 37	80 - 98	50 - 480			
Waste water slaughterhouses	f	X	< 5	85	2 - 15			
Waste water alcohol production	N.N.	-	< 6	90	15 - 25			
Industrial waste water	f	-	< 5	60 - 85	2 - 10			
Sewage sludge	e	-	3 - 35	65 - 75	13 - 120			
Content of grease trap	N.N.	X	2 - 70	75 - 93	11 - 450			
Flotation sludge slaughterhouse	e	X	5 - 24	80 - 95	35 - 280			
Content of stomach swine	e	X	12 - 15	75 - 86	20 - 60			
Paunch manure	e	X	11 - 19	80 - 90	20 - 60			
Wastes of kitchens and canteens	e	X	18 - 22	85 - 95	100 - 150			
Organic waste of households	c, e	X	40 - 75	50 - 70	80 - 120			
Energy crops	-	-	25 - 40	90 - 95	180 - 230			

Table 2: Comparison of different digester-systems

ASPECTS	SYSTEMS			
	VERTICAL FLAT CILINDER D>H ROOF WITH MEMBRANE	VERTICAL FLAT CILINDER D>H SOLID ROOF	VERTICAL FLAT CILINDER D=H SOLID ROOF	HORIZONTAL CYLINDER H >> D
	Wide spectrum	Wide spectrum	Wide spectrum	limited
Variety of substrates Remove of agitator	complete opening of the roof, if repairing the inner parts of the agitator	opening a service-hole in the roof	opening a service-hole in the roof	total emptying of the digester
Control of gas-volume	bad, caused by delay, and dilution	direct	direct	direct
Variety of stirring devices	wide spectrum	wide spectrum	multiple	only horizontal stirring device
Invest costs [APEX]	low	low	medium	high
Operation costs [OPEX]	low	low	low	low
Inactive zones	< 20%	< 20%	< 5%	< 5%
Demands on construction personal	medium	medium	high	high
Possibility of maintence and repair	mediem	good	good	bad
Local fabrication	depending on choice of material	depending on choice of material	depending on choice of material	difficult
Possible materials	concrete enamel coated steel black steel inox steel	concrete enamel coated steel black steel inox steel	concrete enamel coated steel black steel inox steel	(concrete) black steel inox steel
Volume	up to 5.000 m ³	up to 5.000 m ³	up to 5.000 m ³	up to 500 m ³
Tanks available in Brasil	yes	yes	yes	no
Heat losses	medium	low	minimal	low
DM-content	> 5 < 12%	> 5 < 12%	> 2 < 10%	> 10 < 20%
Removing of sand	Opening and bobcat inside	Opening and bobcat inside	Special outlet necessary	Special outlet necessary
Technical standard	yes	yes	yes	only for few substrates
Acessibility	fair	hole in the roof or manhole	by manhole	by manhole
Parts of Import	membrane	low	low	high
Recommendation		X	X	

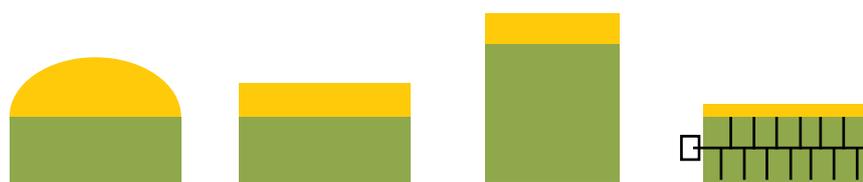
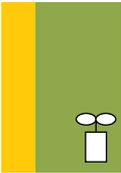
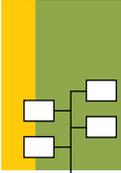
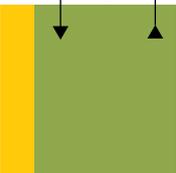
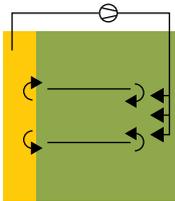


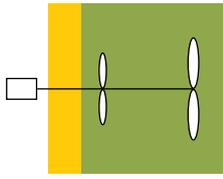
Table 3: Comparison of different agitation systems

ASPECTS	SYSTEMS			PUMPING
	SUBMERGED AGITATOR DRIVE INSIDE	SUBMERGED AGITATOR DRIVE OUTSIDE	PADDLE AGITATOR DRIVE OUTSIDE	
Variety of substrates	wide spectrum	wide spectrum	wide spectrum	wide spectrum
Remove of agitator	complete remove of device	change of drive without problems	change of drive without problems	change of drive without problems
Best suitable for	homogenisation destroying of scum	homogenisation destroying of scum	mixing of input and digestate homogenisation destroying of scum	homogenisation circulation with heat exchanger
Variety of manufacturers	a lot of	a lot of	some	a lot of
Invest costs (APEX)	medium	medium	low (FU)	medium
Operation costs (OPEX)	medium	medium	low	medium
Inactive zones	< 20%	< 20%	< 10%	< 30%
Demands on construction personal	medium	medium	low	very low
Possibility of maintenance and repair	medium	good	good	easy
Local fabrication	should be without the construction work	yes	should be possible special. product is the bearing	yes
Power	wide spectrum	wide spectrum	wide spectrum	wide spectrum
Tanks available in Brasil	yes	yes	yes	yes
DM-content	< 12%	< 12%	< 15%	< 10%
Technical standard	yes	yes	yes	yes
Parts of import	20%	0%	50%	0%
Others			only in combination with propeller device	
Recommendation for pilot plant	X	X	X	

			
---	---	--	---

ASPECTS	SYSTEMS		
	GAS LIFT	CENTRAL AGITATOR	HORIZONTAL AGITATOR
Variety of substrates	wide spectrum	wide spectrum	limited
Remove of agitator	change of drive without problems	complete remove of device through manhole	total emptying of the digester
Best suitable for	homogenisation destroying of scum and sediment-layer	homogenisation destroying of scum and sediment-layer	mixing of input and digestate homogenisation destroying of scum and sediment-layer
Variety of manufacters	some (compressor)	some (originally from paper industry)	no (only special dimensioning)
Invest costs (APEX)	high (compressor)	high	high
Operation costs (OPEX)	medium	low	low
Inactive zones	< 5%	< 5%	< 5%
Demands on construction personal	medium	high	high
Possibility of maintenance and repair	medium	good	medium
Local fabrication	no [??]	no [??]	no (no experience)
Power	wide spectrum	wide spectrum	wide spectrum
Tanks available in Brasil		yes	no
DM-content	< 10%	< 10%	< 25%
Technical standard	yes	yes	yes
Parts of import	80%	80%	??
Others			
Recommendation for pilot plant		X	





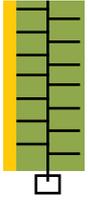


Table 4: Comparison of different heating systems

ASPECTS	SYSTEMS	
	INSIDE THE DIGESTER HEATING OF WALL	OUTSIDE THE DIGESTER DOUBLE JACKET
Circulation pump water	yes	yes
Circulation pump substrate	no	yes
Heating power	limited	unlimited
Electricity demand	low	medium *)
Invest-costs (APEX)	low	medium
Operation costs (OPEX)	low	medium
Extensibility	not possible	excellent
Possibility of maintenance and repair	only if emptying the digester	easy
Local fabrication	possible	possible
Available	yes	??
Part of import	low	low
Flow temperature Water	< 60 °C	< 60 °C
Sensitivity of impurities	low	low
Sensitivity of fibres	yes	low
Variables	Q, T water	Q, T water Q substrate
Reliability	depending on the relative flow between tube and substrate/[function of stirring devices]	very good
Others		Combination with pre-heating of substrate is possible
Recommendation for pilor plant		X

*) of circulation is part of the stirring energy, the additional part for heating is low

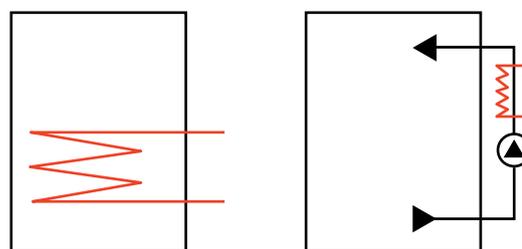
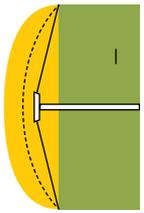
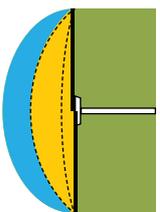
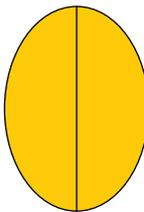


Table 5: Gasholder

ASPECTS	SYSTEMS		
	SINGLE MEMBRANE ON TOP OF DIGESTER	DOUBLE MEMBRANE ON TOP OF DIGESTER	LOW PRESSURE PLASTIC BAG
Material	EPDM	PE or EPDM and PVC	EPDM, PVC, PE
Construction	Pile in the middle and wooden covered roof	Pile in the middle and wooden beams	none
Gas-pressure	< 5 mbar	< 25 mbar	< 5 mbar
Resistible against UV	fair	fair	fair
Flexibility (extension of digester volume)	no	no	yes
Invest (APEX)	medium	high	low pressure
Operation costs (OPEX)	low	medium	low
Demands on construction personal	low	medium	low
Possibility of maintenance and repair	good	medium	good
Local fabrication	medium term	medium term	yes
Diameter	< 30m	< 40m	-
Volume	< 2.500 m ³	< 5.000 m ³	< 1.000 m ³
Available in Brasil	should be	no	yes
Heat losses	medium	low	without interest
Technical standard	yes	yes	yes
Accessibility	good	medium	excellent
Part of import	membrane	membrane	no
Others			
Recommendation for pilot plant			X

ASPECTS	SYSTEMS		
	DOUBLE MEMBRANE EXTERNAL AS BALL	BALLASTED EXTERNAL PLASTIC BAG	WATER SEALED GASHOLDER
Material	PE and PVC	EPDM, PVC	Plastic, Inox; covered black steel
Construction	Foundation of concrete	none	Water jackets
Gas-pressure	< 30 mbar	< 30 mbar	< 50 mbar
Resistible against UV	fair	fair	very good
Flexibility [extension of digester volume]	limited	yes	no
Invest (APEX)	high	medium	high
Operation costs (OPEX)	low	low	very low
Demands on construction personal	low	medium	low
Possibility of maintenance and repair	bad	good	good
Local fabrication	limited	limites	yes
Diameter	< 25m	-	-
Volume	< 5,000 m ³	< 200 m ³	< 5,000 m ³
Available in Brasil	no	none	yes
Heat losses	without interest	without interest	low
Technical standard	yes	yes	yes
Accessibility	good	excellent	excellent
Part of import	membrane	membrane	no
Others			
Recomendarion for pilot plant	X		

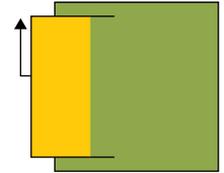
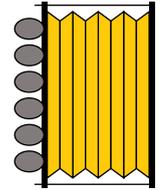
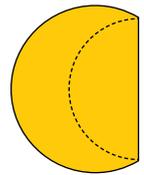
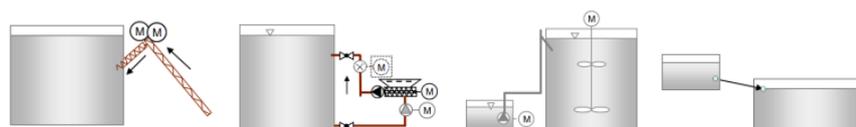


Table 6: Feeding systems

Aspects	Systems			
	Screw conveyor Overhead into the digester	Pump	Special crew-pump Feeding by circulation flow	Flow by gravity
Suitable for different substrates	medium	only pumpable	wide spectrum	only if pumpable
Demand on stirring device	Mixing of fresh material and digestate as well as homogenisation	Mixing of fresh material and digestate as well as homogenisation	only homogenisation	Mixing of fresh material and digestate as well as homogenisation
Invest-Costs (APEX)	medium	low	medium	low
Operation costs (OPEX)	medium	low	medium	low
Motor and gear Exx	yes	no	no	no
Lifting Height	limited	high	high	no
One device for severam digesters	no	yes	yes	no
Demands on construction personal	medium	low	medium	low
Possibility of maintence and repair	medium	good	medium	good
Danger of clogging	medium	low	low	medium
Demand on automatisation	medium	low	high	none
Local fabrication	should be	no	no	yes
Power demand	medium	low	medium	none
Available in Brasil	yes	yes	yes	yes
DM-content in input	< 40 %	< 12 %	< 40 %	< 10 %
Technical standard	yes	yes	yes	yes
Acessibility	beside the upper screw good	excellent	excellent	good
Part of import	low	no	no	no
Others				only if slope of ground available
Recommendarion		X	X	



Anexo 2

Consultation for set-up of the pilot biogas plant for research and training purposes in Concordia [FoABiCo]

Expert report (A BK 13-178)

Dr. Walter Stinner, Christian Krebs, Velina Denysenko, Ulf Müller, Olja
Kristic, Elisa Thieme

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116

04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-112

Fax: +49 (0)341 2434-133

www.dbfz.de

info@dbfz.de

Auftraggeber oder
Zuwendungsgeber [bei
Forschungsförderung]

Dr. Jens Giersdorf
Tecnologias Limpas de Biogás
Coordenador de componente

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

SCN Quadra 01, Bloco C, Sala 1.501
Ed. Brasília Trade Center
70.711-902 Brasília – DF Brasil

Ansprechpartner:

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
Torgauer Straße 116
04347 Leipzig
Tel.: +49 (0) 341 2434-112
Fax: +49 (0) 341 2434-133
E-Mail: info@dbfz.de
Internet: www.dbfz.de

Dr. Walter Stinner
Tel.: +49 (0)341 2434-524
E-Mail: Walter.Stinner@dbfz.de
Christian Krebs
Tel.: +49 (0)341 2434-564
E-Mail: Christian.Krebs@dbfz.de

Erstelldatum: 05.03.2014

Projektnummer DBFZ: A BK 13-178

Gesamtseitenzahl +
Anlagen 15

List of abbreviations and symbols

<i>Abkürzung</i>	<i>Erklärung</i>
BHKW	Blockheizkraftwerk
BtL	Biomass-to-Liquid
DIN	Deutsches Institut für Normung!!
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
ISO	Internationale Organisation für Normung

Abkürzungen werden nur in das Verzeichnis aufgenommen, wenn im Text wirklich damit gearbeitet wird.

Generell gilt, bei der ersten Verwendung von Abkürzungen im Bericht wird der volle Name gleichzeitig mit aufgeführt. Anschließend nur noch Abkürzungen verwenden und dann auch im Abkürzungs-verzeichnis registrieren (fortlaufend aktualisieren).

Wenn Formeln im Text angegeben werden, ist dieses Verzeichnis unabdingbar und alle Formelzeichen müssen aufgeführt werden. Die Tabelle kann zum Schluss über „Tabelle“ --> „Sortieren“ sortiert werden

Formelzeichen	Erklärung	Einheit
α	Annuität	EUR/Bezugseinheit
C_0	Kapitalwert	EUR
$H_{u,BG}$	unterer Heizwert von Biogas	MJ/m ³ i.N.
KEA	kumulierter Energieaufwand	MJ
	Volumenstrom	m ³ /s

1

BACKGROUND AND GOALS

In Brazil, there is a growing interest in the field of biogas for the sustainable supply of energy to the growing demand. Furthermore, there is a high need of hygienic treatment of organic wastes and waste waters in the areas of agriculture, food industries and municipality. Germany has a lot of experience in the field of biogas since the nineties. At the moment, there are above 7,600 biogas plants in operation.

Currently, important decisions can be made for successfully establishment of technology and research in the field of biogas and biomethane industry in Brazil. Since 2010, there is a strong interest in biogas in the intensive livestock farming states in southern Brazil, especially in the state of Santa Catarina. A promising cluster under the leadership of state-owned gas utility SCGÁS, EMBRAPA pig and poultry research and the company BGT energy combines research, energy utilization and project development. With the support of GIZ and composed of DBFZ the group is working to encourage the production of energy through the treatment of organic waste in biogas plants. Recently, the first biogas laboratory in the state of Santa Catarina was implemented in the EMBRAPA Svinos e Aves, Concordia. Now, it is intended to set up a biogas research, training and demonstration facility in the region. This facility should be a center for the whole region, where personnel can be trained, research activities can be done in real scale and where the technique in operation can be presented to the stakeholders. Furthermore, this cluster model can be replicated in other regions of Brazil.

The Research and Training biogas plant has to meet the needs of EMBRAPA to realize tests on a larger scale and, as a result, to provide the basis for meeting the demand for biomethane by SCGÁS through further development of technology. The results of studies on the production and upgrading of biogas and biomethane are of great importance to the Company. Furthermore, the first plant on the European model in Brazil will increase the interest in biogas projects on industrial scale for the different sectors and regions. The project will manifest the great interest of SCGÁS and EMBRAPA and should be implemented with the support of the Government of the State of Santa Catarina through the financial support of FAPESC.

This support is primarily aimed at the reduction of regional environmental problems. In agriculture/ agribusiness sector especially the pig husbandry causes environmental problems. Thus, in the past, in the main pig-producing state Santa Catarina, the pig slurry was discharged into water bodies or on the farm land in close proximity to the stables without consideration of nutrient balances. In order to change this practice, the regulatory framework has been tightened, so that the direct discharge of unfermented manure into waters is now prohibited. Today, there is a growing interest in the agricultural biogas production and use, especially in the states, where pig farming is a predominant branch of agriculture. With over 1.7 billion tons of manure and dung per year, the potential for biogas production in Brazil is enormous. The poor functioning of the lagoon fermenter system used so far caused reservations about the biogas technology. The very developed Brazilian agribusiness (e.g., sugar and ethanol industry, slaughterhouses, fruit processing) creates large amounts of orga-

nic residues, waste and wastewater. For example, the ethanol production causes every year more than half a billion cubic meters of vinasse and more than 200 million tons of bagasse and filter cake, which could be used as potential substrates for biogas production. There are often large amounts concentrated at a particular location. This makes it a cost-effective implementation of investments in this sector.

Against this background, the aim of this study is to contribute to developing of a basic concept for the implementation of a research and training biogas plant in Concordia. The results of such expertise will be used as a basis for recommendations for the optimization of the concept.

2

PRELIMINARY CONSIDERATIONS FOR THE INSTALLATION OF A BIOGAS PLANT FOR RESEARCH, DEMONSTRATION AND EDUCATION

Basing on the preliminary considerations of the DBFZ Research Biogas plant the key points for the future operation of the research biogas plant should be shown. It needs to be clear, what kind of equipment is necessary for the planned research, demonstration and education and which resources can be acquired for its further operation and maintenance. Maybe the option of further enhancement should be taken into regard. This means an adapted planning of the infrastructure. Additionally room should be reserved for following steps of plant developing in case of new research needs.

In the following table the similarities and the differences between the DBFZ plant and the foreseen plant in Concordia will be shown with regard to the key points of the model for further operation. The technical concept needs to take regard to the needs of that model and not at least to the limited available resources.

DBFZ – RESEARCH PLANT	CONCORDIA DEMONSTRATION, RESEARCH AND EDUCATION PLANT
What is the aim of the plant basically?	
<ul style="list-style-type: none"> - Validation of the DBFZ's process kinetics model - Research about differentiation of process kinetics in different digester designs and under different management options - Evaluation of new additives (enzyme products, microelements), substrate treatment measures etc. - Process optimization with new substrates - Flexibilisation of biogas process > producing raw gas with regard to the needs of an energy system with rising amounts of fluctuating energy sources such like wind or solar power - Options for different gas utilisations (CHP, upgrading technologies) - Options for digestate treatment 	<ul style="list-style-type: none"> - Education of technicians, scientific personnel and people for planning biogas plants - Demonstration of modern biogas technology - Research and testing for digestate treatment? - Research and testing for biogas upgrading technologies?
What are the needed resources for basic operation?	
<ul style="list-style-type: none"> - Personnel (without special research project, just basic research and operation): 2 scientists and one technician, one further technician with 40% of his work capacity (see chapter 3) - Display material (hoses, trollies, tools, high pressure cleaner, ladders, a mobile scaffold for maintenance work: Ca. 50.000,- -100.000,- € [It will need a little time, as the costs were booked on different positions and budgets]) - Consumables - Logistics (transport of substrates to the plant, digestate from the plant to agricultural sites. The DBFZ biogas plant is in the town of Leipzig.) 	<p>What are the abilities? The technical concept (how complex should the plant be?) needs to be adapted to that abilities</p>

DBFZ – RESEARCH PLANT	CONCORDIA DEMONSTRATION, RESEARCH AND EDUCATION PLANT
How can the needed resources be generated in the long term run?	

- Basic budget of DBFZ
- Public research
- Contract research

- Basic budget?
- Contracts for education?
- Contracts for research?
- Money for public research?

What is the impact of the possibilities of resource generation on the technical concept and on the overall concept?

Plant concept with a lot of abilities:

- Two equal CSTR digesters with central stirrer, loop flow generation and fix gas room (without gas storage) for exact in time gas balancing; such CSTR are higher in costs than such with built-in stirrer mounted on the side but have some process advantages and better abilities for exact measuring of the gas flows; If they are combined with post digesters or digestate tanks with the ability of gas storing, the disadvantages (costs) can be reduced
- one small CSTR from high quality stainless steel, which can be operated as an anaerobic hydrolysis or as a digester,
- one horizontal plug flow digester,
- one CSTR digester with built-in stirrer mounted on the side, combined with gas storage (gas tight double membrane roof), this is the most usual type of digester in Germany due to the ratio of investment and abilities
- digestate storage (not insulated) with built-in stirrer mounted on the side, combined with gas storage (gas tight double membrane roof)
- Liquid manure storage (not insulated) with emission protection by one layer membrane; this membrane allows to concentrate methane emissions from manure storing for measuring such basic emissions as a reference;
- Two separate feeding systems, one mixing the solid substrates to liquid ones (manure, liquid digestate) and one with a screw to feed the plug flow digester with higher dry matter contents;
- Complex tube system with a lot of options for different Konfigurations
- Adapted electrical, measuring and control technology (EMSR)
- > more than 90 % of the Biogas Plant Configurations in Germany can be simulated by the DBFZ biogas plant; this allows a lot of contract research options like testing different additives, management methods, kinds of operation and not at least risk operation measures for big scaled plants
- See attached configuration schemes (separate electronic document)

I think it should be much more simple and robust for the aims of demonstration and the training of stuff, which should be allowed to operate some equipment...
The following questions needs to be answered:

- What should be the abilities?
- What should it show?
- Who should be trained?
- For what?/ on which level?
- What are the abilities for future operation?
- What are the abilities for future financation

DBFZ – RESEARCH PLANT	CONCORDIA DEMONSTRATION, RESEARCH AND EDUCATION PLANT
<p>What is the optimal size of the plant/of the digesters? What are the costs and needs for logistic (substrate and digestate) on site? What size does the site allows? Is the site fix or are there different options?</p> <p>For the DBFZ Plant the site were fix regarding the following arguments:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quick transfer of personnel, doing research in small scaled lab experiments and parallel experiments in the upscaled plant - Quick transfer of microbial samples into the lab - Using of very expensive measuring equipment in the lab and at the upscaled biogas plant - Showing real scaled biogas technology to DBFZ visitors <p>The main disadvantages of that site are:</p> <ul style="list-style-type: none"> - High costs for logistics (transport of substrates to the plant, digestate from the plant to agricultural sites. The DBFZ biogas plant is in the town of Leipzig.) - Limited place for the plant itself, for storing substrate and digestate and not at least for further extension/development 	<p>We have to think strongly about the above named questions; They have a lot of impact on the further concept. The situation for the plant in Concordia is different to the situation at DBFZ, so the following aspects should taken under regard:</p> <p>Site options</p> <ul style="list-style-type: none"> - What are the site options? - What are the pros and cons of the different site options? - What concepts could be realized at the different sites? - Substrate concept, technical concept, yields, options of further development of the site, options for integration into research and training - What would that mean for the model of future operation (benefit, organization, risks, chances, finances)? - Selection of a site / of site scenarios (maybe the selection would need some more time in reality as contracts are needed etc.; to have clear scenarios for different options will help for this) <p>The preferable side should allow:</p> <ul style="list-style-type: none"> - the operation by BGT in future (option for utilization as show case, especially with future enlargements) - enlargement to a critical size, which can be operated in an economic way, if basic budget runs out and if the financing of education is not given for a longer lasting drought - Ideally this concept can mean the sharing of personnel (if there is an ongoing need of separation due to budget aspects) - The smaller scaled fermentation of the pilot plant can do process optimisations for the bigger plant - The education concept as an important pillar of the holistic concept can kept on the level of time, when further technology can be implemented in the further enlargement steps (upgrading technology, digestate treatment); - Another option could be, to make the plant directly big enough, to earn parts of the ressources by energy production. <p>At least we need to develop an overall concept for the pilot plant site: mass flows, technology for digestion and further treatment, connection with embrapa infrastructure and further needs for such on site, organizational and financial aspects including long term operation;</p>
<p>What are the most critical things? Investment or budget for long term operation?</p>	
<p>At the end both were challenging, but the major challenge were the budget for long term operation</p>	<p>It seems to be an equal situation....</p>

The concept of the pilot plant should not be discussed without regarding the long term operational model (including costs and revenues). The arguments were given in previous communication, basing on the preliminary thoughts in DBFZ.

Main aspects for the good working concept seems to be the point, that BGT as a stakeholder with long term interest has the ability to use this plant and integrate it into further concepts. This bases on the following pre thoughts for the concept.

- >> It could be possible to get the money for the investment and for the first years of operation
- >> It seems to be hard to get the money for long-term operation
- >> A plant, what is not any more running because of economic reasons after a small number of years is a very bad reference for biogas industry
- >> The player with strongest interest for a long term running representable plant is BGT
- >> Depending on the time of dry spell for BGT because of the risky beginning of the market the concept should be able to be integrated into an economically running (bigger?) plant concept later on-operated by BGT
 - >> This will mean the ability to keep the research, demonstration and education plant still in operation – as part of the bigger plant.
 - >> Furthermore in this case even in some years a modern plant (the new and bigger one, which is operated by economic reasons of energy productions) will be available for needs especially of research and demonstration
- >> It would further allow, to keep the surrounding of this plant modern
- >> This would ensure to use this plant as a show case in the near and also in the later future (for further project implementation of BGT)
 - >> Advantage for further evaluation of biogas market in Brazil
- >> It would allow to reduce the risk for an investor for the bigger plant at the same side dramatically
 - >> That`s also an important point for future market implementation
- >> In Operation of the bigger plant the pilot plant can test new substrates, new measures etc. for the big plant, reducing the big plants risk and earning some money for that tests
- >> It`s easier and cheaper to operate both plants 365 days a year with well educated personnel, if they are combined
- >> If it should be a single site without the ability of integrating into a bigger concept in future, it needs to be very smart and simple
- >> The needs for different sized concepts can be shown to investors

3

ANSWER OF THE QUESTIONS ON THE DBFZ RESEARCH BIOGAS PLANT

From side of the DBFZ, a basic concept were created, which sort of fermenter should be installed. The FBGA was built by the SIB and the DBFZ acted in an advisory capacity. The requirements to run, included the container size are only partially attained in the portfolio.

1. Business description of experimental plant in DBFZ; possible operating methods and connected configurations will be shown. Comparable to the presentation in the guide of biogas, a graphic, which is useful for the explaining of the possibilities, will be created.
 - >> Different parts of the DBFZ research biogas plant can be used independent. This means, depending on the goals of a research concept, smaller and larger parts of the plant can be integrated. It is possible to operate 3 independent full lines parallel, maybe up to 5 parallel lines (each digester separately operated, using feeding capacities, digestate and gas storage together beside of the bordered system with balancing the ins and outs of the bordered system.
 - >> for the graphic, see the configuration document
2. Staff requirement: There will be an arrangement on how many employees, with what qualifications are needed for the basic mode of the plant. If it's possible, there will be an estimation, which extent performance for the tasks are necessary.
 - >> In the basic concept (without consideration of any special research projects) the plant will be firmed by 2 scientists: the technical director (td) and the research director (rd). Also there will be 1,5 jobs as plant driver (pd, 2 colleagues with an education as engineer / technician with 70 adv. 80% on the respective working hours). This especially includes a five-day week and readiness to workover the weekend and on public holidays. Problem reports will be sent to the mobile phones by the EMSR. They will be addressed by colleagues on-call duty. The extensive tour for visitors will be covered by these colleagues. If instructed colleagues operate on tours, it will be administered by td resp. rd.
3. Additional demand for special research projects will be demonstrated by an example.
 - >> In general there is a need of input from the research group, that is responsible for the special experiment. Additionally there is sometimes need for special equipment and personnel input.

As an example there is a current project for flexible gas production. In this case mashed beet silage is integrated into the post digester, when additional gas is needed. This substrate has the advantage of a very quick digestion, if the process is well balanced. For the mashing of the beet an exter-

nal machine with extra personnel is needed. Furthermore personnel from the research group process supervision and simulation is integrated for the process control of that trial

4. Who is responsible for the plant?

>> The plant is administered by the DBFZ (see question 2).

5. Who is responsible for the serviceability?

>> Technical director (td), see question 2.

6. Who pays the employment?

>> DBFZ (Budget, future financing intended to be fund by research projects)

7. Who is responsible for service and maintenance?

>> Plant driver (pd) and outside firms

8. 8. In case of problems, who is responsible to solve them?

>> Technical director (td) and research director (rd)

Responsibility?

>> Technical director (td) and research director (rd), management

9. Who bears the costs of service, maintenance and spare parts?

>> DBFZ (Budget, future financing intended to be fund by research projects)

10. Who bears the costs of substrate and transport?

>> DBFZ (Budget, future financing intended to be fund by research projects)

11. Who is responsible for a) acquisition

>> research director (rd), all scientists in the biogas department of DBFZ

12. b) the coordination of the substrates?

>> responsible for the content are technical director (td) and research director (rd)

>> administrative buying department, widely controlled by framework contracts

13. What is to be done with the produced energy (block heat and power plant + CHP?)
 - >> Feeding electricity input in the DBFZ- house net, Feeding heat in common (existing) heating system with UFZ (neighbored research park).
14. Where will the digestate of the biogas plant remain?
 - >> Commitment as fertilization, redemption by substrate suppliers; The region Leipzig is an agricultural region with little livestock breeding. For this reason the fermentation residue is a desirable stock of fertilizer. Therefore no preparation at the place of location is needed. Because of the position of the plant in the City and limited storage possibilities, significant costs for the portage occurs.
15. What are the safety risks of the plant (typical biogas plant risks)?
 - >> Typical biogas plant risks. A document of safety instructions (for guided tours) was made, which can be provided.
16. If there are changes of substrates, how will the generating and providing of energy be protected?
 - >> The generation of research results, not the provision of energy is the premise. The plant is connected to the energy grid, and could be heated by other producers in the heating network.
17. How will the plant operation work on the weekend and public holidays (willingness)?
 - >> see point 2
18. Description of limitations of the experimental plant at the DBFZ: In combination with the possibilities on the basis of the maxim: this is what we can, this is what we can't do? There will be a short description of the technical, financial and legal limitations.

Technical limitations: Number, size and kind of technique (see additional documents for the technical material)

Financial limitations: In the baseline only research can be done with the budget resources. Experiments with a need for additional technique, additional material, additional personal needs additional money for that resources.

Legal limitations: In the installation and operation permission for the research biogas plant the overall technique, the size of the installed CHP Plant and the kind of substrates are named. Experiments out of this framework are not allowed with the existing permissions. Especially the utilization of substrates like municipal organic wastes and wastes with animal products beside of manure are not allowed.

The plant operation has to care for the site in the city nearby a school. Therefore experiments with high smell or noise emissions are not allowed.

19. Synergy between the biogas plant and research in other areas of the DBFZ, e.g. availability/ commitment and sort of substrates and also the biology of the DBFZ experimental plant.
- >> There is a lot of synergy especially with the department of biogas at the DBFZ. In Research projects the upscaling from lab to practical size can be organized on site. The current operation allows the evaluation and validation of different measurement equipment, it allows to analyse challenges in the overall balances of mass and energy flows. It also allows the evaluation of yield estimations under practical conditions, the evaluation of the influence of weather conditions on gas pressure, gas volumes and gas fluxes in the different roof systems.

Microbe samples were collected and analysed in cooperation with the research partners from Helmholtz-Center (Micas group from UFZ).

In cooperation with other departments the operated plant is used to evaluate infrared-measuring technique for emission gas measuring and for estimations of technical limits for flexible energy integration into the grid system.

20. How many researchers work for how many hours, days, weeks, month, years at and with the plant?
- >> see point 2

Which plans are in this regard? How concrete are they (research-pipeline)?

- >> This personnel is only for the basic operation, measuring, guiding of guests etc. Additional research projects needs (partly) additional resources (see point 3). There are a couple of proposed research projects in the pipeline. As they are just proposed for getting needed financing, it's difficult to say, how concrete they are. This does not depend on DBFZ.
21. How many doctor candidates/ students and other people are working on and with the plant (currently and in the above named plans)?
- >> Doctorate candidates and student are mainly involved in research projects. Currently one doctorate candidate and two students are involved in the analysis of data of the DBFZ biogas plant.
22. On which level of training are the above named employees?
- >> see 2; The technical and scientific directors has a master degree of engineering; The plant operators have a degree as technicians; Further scientists may have different educations (master degree), depending on their subject (technology, environmental research, agronomy, biology, chemistry etc.)

23. Who will pay for them?

- >> DBFZ (see above, third party funding for additional employees, if possible also for the basic employee, if they are introduced into research projects)

24. How many researchers are able to work and research at the same time on the plant?

- >> Depending on the amount and kind of research projects. As there can be 3 different lines in operation (maybe up to five, see above) and as there can be measurements, data analyses (in the office), analysis of samples in the chemical lab, microbiological analysis of samples in the microbe labs, there is room for many people doing research with the plant parallel. A number higher than 20 seems to be realistic, when different kinds of investigations are ongoing just with one project.

25. Where are the offices of the persons who work/research on the plant, including conference room, showers, toilets, kitchen?

- >> Office building (mainly house nr. 7 of DBFZ)

26. Who administers the entire structure?

- >> real estate management, general management of the DBFZ

27. Are there studies done in customer order?

- >> it's possible, the digester concept is oriented on this opportunity;

and how are they arranged and cleared?

- >> In advance an offer will be developed, which contains the adaptation by the customer. The clearing occurs as a market order. The calculation of costs are determined by the use of resources (e.g. percentage of the plant, personal expenses, laboratory work time)

28. Duration of studies and experiments (exemplary)?

- >> The practical size research with the DBFZ biogas plant in one proposed project (straw and catch-crop- digestion with different pretreatment actions) is proposed for 1 year.

29. Coverage and requirement of necessary measurement points, measurement instrumentation and section of measurements

- >> Arranged in detail in chapter 4

4

MEASURING EQUIPMENT OF THE DBFZ
RESEARCH BIOGAS PLANT4.1. Receiving
vessel 1 and 2 for
solid matter

ITEM DESIGNATION	MEASURE	PRODUCER	MODEL	MEASUREMENT RANGE	OUTPUT SIGNAL	NOTE
M9.1.003	weight	rinstrum	X320	0 -10 Mg	4-20 mA	Evaluation unit with 4 load cell
M9.2.003	weight	rinstrum	X320	0-10 Mg	4-20 mA	Evaluation unit with 4 load cell

4.2. Solid mix
pump

ITEM DESIGNATION	MEASURE	PRODUCER	MODEL	MEASUREMENT RANGE	OUTPUT SIGNAL	NOTE
M9.1.001	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0 – 100 °C	4-20 mA	temperature mix basin
M9.1.002	vibration	Siemens	Sitrans LVS 100	200 Hz	contact switch	minimum filling level
M9.1.004	vibration	Siemens	Sitrans LVL 200	1200 Hz	contact switch	maximum filling level
M9.1.005	end position	DAB	Smart HHT	----	contact switch	Maximum filling level basin - float switch

4.3. Digester 3.1.0

ITEM DESIGNATION	MEASURE	PRODUCER	MODEL	MEASUREMENT RANGE	OUTPUT SIGNAL	NOTE
M1.001	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, height 4. m
M1.002	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, height 3.0 m
M1.003	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, height 2.0 m

ITEM DESIGNATION	MEASURE	PRODUCER	MODEL	MEASUREMENT RANGE	OUTPUT SIGNAL	NOTE
M1.004	temperature	Thermokon	TF25	-10-120 °C	4-20 mA	middle digester, height 0.3 m
M1.005	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, temperature biogas, height 5.3 m
M1.006	pressure	Siemens	Sitrans P300	10-1000 mbar	4-20 mA	sensor 1 filling level, hydrostatic pressure head
M1.007	end position	Siemens	Pointek CLS200	----	contact switch	Maximum filling level digester 5.5 m, capacitive switch
M1.008	pressure	Siemens	Sitrans P300	0-100 mbar	4-20 mA	pressure biogas digester
M1.009	pressure	SKI/Siemens	SDF/ Sitrans P	0-20 mbar	4-20 mA	pressure difference, flow rate biogas, attention should be paid to inlet zone and outflow zone,
	pressure	VEGA	VEGABAR 17	0-2,5bar	4-20 mA	absolut pressure biogas pipe, necessary for standardization
	temperature	Thermokon	SFK0205008	-50-50 °C	4-20 mA	temperature biogas pipe, necessary for standardization
M1.010	pH	Hach-Lange	PHD SC PH	0-14	Profibus DP	wall digester, height 1.5 m
M1.011	redox potential	Hach-Lange	PHD SC Redox	-1500-1500 mV	Profibus DP	wall digester, height 1.5 m
M1.012	pressure	Siemens	Sitrans P300	10-1000 mbar	4-20 mA	sensor 2 filling level, hydrostatic pressure head
M1.013	end position	Siemens	Pointek CLS200	----	contact switch	minimum filling level digester 2.5 m, capacitive switch
M1.015	temperature	Siemens	R58	-50-260 °C	4-20 mA	return flow heating pipe digester
M1.016	Speed,flow rate	Endress &Hauser	Proline Promag 55	0-100 m ³ /h	Profibus DP	flow rate digestate, magnetic-inductive

4.4. Digester

3.2.0

ITEM DESIGNATION	MEASURE	PRODUCER	MODEL	MEASUREMENT RANGE	OUTPUT SIGNAL	NOTE
M2.001	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, height 3.7 m
M2.002	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, height 3.0 m
M2.003	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, height 1.8 m
M2.004	temperature	Thermokon	TF25	-10-120 °C	4-20 mA	middle digester, height 0.3 m
M2.005	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, temperature biogas, height 5.3 m
M2.006	pressure	Siemens	Sitrans P300	10-1000 mbar	4-20 mA	sensor 1 filling level, hydrostatic pressure head
M2.007	pressure	Siemens	Sitrans P300	10-1000 mbar	4-20 mA	sensor 2 filling level, hydrostatic pressure head
M2.008	end position	Siemens	Pointek CLS200	----	contact switch	Maximum filling level digester 5.5 m, capacitive switch
M2.009	pressure	Siemens	Sitrans P300	0-100 mbar	4-20 mA	pressure biogas digester
M2.010	pressure	SKI/Siemens	SDF/ Sitrans P	0-20 mbar	4-20 mA	pressure difference, flow rate biogas, attention should be paid to inlet zone and outflow zone,
	pressure	VEGA	VEGABAR 17	0-2,5bar	4-20 mA	absolut pressure biogas pipe, necessary for standardization
	temperature	Thermokon	SFK0205008	-50-50 °C	4-20 mA	temperature biogas pipe, necessary for standardization
M2.011	pH	Hach-Lange	PHD SC PH	0-14	Profibus DP	wall digester, height 1.5 m
M2.012	redox potential	Hach-Lange	PHD SC Redox	-1500-1500 mV	Profibus DP	wall digester, height 1.5 m
M2.013	end position	Siemens	Pointek CLS200	----	contact switch	minimum filling level digester 2.5 m, capacitive switch
M2.015	temperature	Siemens	R58	-50-260 °C	4-20 mA	return flow heating pipe digester

4.5. Digester

3.3.0

ITEM DESIGNATION	MEASURE	PRODUCER	MODEL	MEASUREMENT RANGE	OUTPUT SIGNAL	NOTE
M3.001	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester section 4
M3.002	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester section 3
M3.003	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester section 2
M3.004	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester section 1
M3.005	pressure	Siemens	Sitrans P300	10-1000 mbar	4-20 mA	filling level, hydrostatic pressure head
M3.006	end position	Siemens	Pointek CLS200	----	contact switch	Maximum filling level digester, capacitive switch
M3.007	pressure	Siemens	Sitrans P300	0-100 mbar	4-20 mA	pressure biogas digester
M3.008	pressure	SKI/Siemens	SDF/ Sitrans P	0-20 mbar	4-20 mA	pressure difference, flow rate biogas, attention should be paid to inlet zone and outflow zone,
	pressure	VEGA	VEGABAR 17	0-2,5bar	4-20 mA	absolut pressure biogas pipe, necessary for standardization
	temperature	Thermokon	SFK0205008	-50-50 °C	4-20 mA	temperature biogas pipe, necessary for standardization
M3.009	pH	Hach-Lange	PHD SC PH	0-14	Profibus DP	wall digester,
M3.010	redox potential	Hach-Lange	PHD SC Redox	-1500-1500 mV	Profibus DP	wall digester,
M3.011	temperature	Siemens	R58	-50-260 °C	4-20 mA	flow heating pipe digester
M3.012	temperature	Siemens	R58	-50-260 °C	4-20 mA	return flow heating pipe digester
M3.013	Speed,flow rate	Endress &Hauser	Proline Promag 55	0-100 m ³ /h	Profibus DP	flow rate digestate, magnetic-inductive

4.6. Digester 3.4.0 with biogas storage

ITEM DESIGNATION	MEASURE	PRODUCER	MODEL	MEASUREMENT RANGE	OUTPUT SIGNAL	NOTE
M4.001	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, height 3.5. m
M4.002	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, height 2.4 m
M4.003	temperature	Thermokon	TF25	-10-120 °C	4-20 mA	middle digester, height 0.3 m
M4.004	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, temperature biogas, height 4.0 m
M4.005	pressure	Siemens	Sitrans P300	10-1000 mbar	4-20 mA	filling level, hydrostatic pressure head
M4.006	end position	Siemens	Pointek CLS200	----	contact switch	Maximum filling level digester, capacitive switch
M4.007	pressure	VEGA	VEGABAR BR54	-30-30 mbar	4-20 mA	pressure biogas digester
M4.008	pressure	SKI/Siemens	SDF/ Sitrans P	0-20 mbar	4-20 mA	pressure difference, flow rate biogas, attention should be paid to inlet zone and outflow zone,
	pressure	VEGA	VEGABAR 17	0-2,5bar	4-20 mA	absolut pressure biogas pipe, necessary for standardization
	temperature	Thermokon	SFK0205008	-50-50 °C	4-20 mA	temperature biogas pipe, necessary for standardization
M4.009	pH	Hach-Lange	PHD SC PH	0-14	Profibus DP	wall digester,
M4.010	redox potential	Hach-Lange	PHD SC Redox	-1500-1500 mV	Profibus DP	wall digester,
M4.011	distance	Endres und Hauser	PROSONIC M	0-10 m	4-20 mA	filling level biogas storage, ultrasonic measuring system
M4.012	temperature	Siemens	R58	-50-260 °C	4-20 mA	flow heating pipe digester
M4.013	temperature	Siemens	R58	-50-260 °C	4-20 mA	return flow heating pipe digester

4.7. Digester 3.5.0

ITEM DESIGNATION	MEASURE	PRODUCER	MODEL	MEASUREMENT RANGE	OUTPUT SIGNAL	NOTE
M5.001	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, height 2.0. m
M5.002	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, height 1.2 m

ITEM DESIGNATION	MEASURE	PRODUCER	MODEL	MEASUREMENT RANGE	OUTPUT SIGNAL	NOTE
M5.003	temperature	Thermokon	TF25	-10-120 °C	4-20 mA	middle digester, height 0.3 m
M5.004	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, temperature biogas, height 2.5 m
M5.005	pressure	Siemens	Sitrans P300	10-1000 mbar	4-20 mA	sensor 1 filling level, hydrostatic pressure head
M5.006	end position	Siemens	Pointek CLS200	----	contact switch	maximum filling level digester, capacitive switch
M5.007	pressure	Siemens	Sitrans P300	0-100 mbar	4-20 mA	pressure biogas digester
M5.008	pressure	SKI/Siemens	SDF/ Sitrans P	0-20 mbar	4-20 mA	pressure difference, flow rate biogas, attention should be paid to inlet zone and outflow zone,
	pressure	VEGA	VEGABAR 17	0-2,5bar	4-20 mA	absolut pressure biogas pipe, necessary for standardization
	temperature	Thermokon	SFK0205008	-50-50 °C	4-20 mA	temperature biogas pipe, necessary for standardization
M5.009	pH	Hach-Lange	PHD SC PH	0-14	Profibus DP	wall digester, height 1.5 m
M5.010	redox potential	Hach-Lange	PHD SC Redox	-1500-1500 mV	Profibus DP	wall digester, height 1.5 m
M5.011	temperature	Siemens	R58	-50-260 °C	4-20 mA	flow heating pipe digester
M5.012	temperature	Siemens	R58	-50-260 °C	4-20 mA	return flow heating pipe digester
M5.013	pressure	Siemens	Sitrans P300	10-1000 mbar	4-20 mA	sensor 2 filling level, hydrostatic pressure head

4.8. Storage liquid manure 3.6.0

ITEM DESIGNATION	MEASURE	PRODUCER	MODEL	MEASUREMENT RANGE	OUTPUT SIGNAL	NOTE
M6.001	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall storage, height 4.5 m
M6.002	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall storage, height 0.4 m
M6.003	pressure	Siemens	Sitrans P300	10-1000 mbar	4-20 mA	filling level, hydrostatic pressure head
M6.004	end position	Siemens	Pointek CLS200	----	contact switch	Maximum filling level storage 5.0 m, capacitive switch
M6.005	Speed,flow rate	Endress &Hauser	Proline Promag 55	0-100 m ³ /h	Profibus DP	flow rate manure, magnetic-inductive

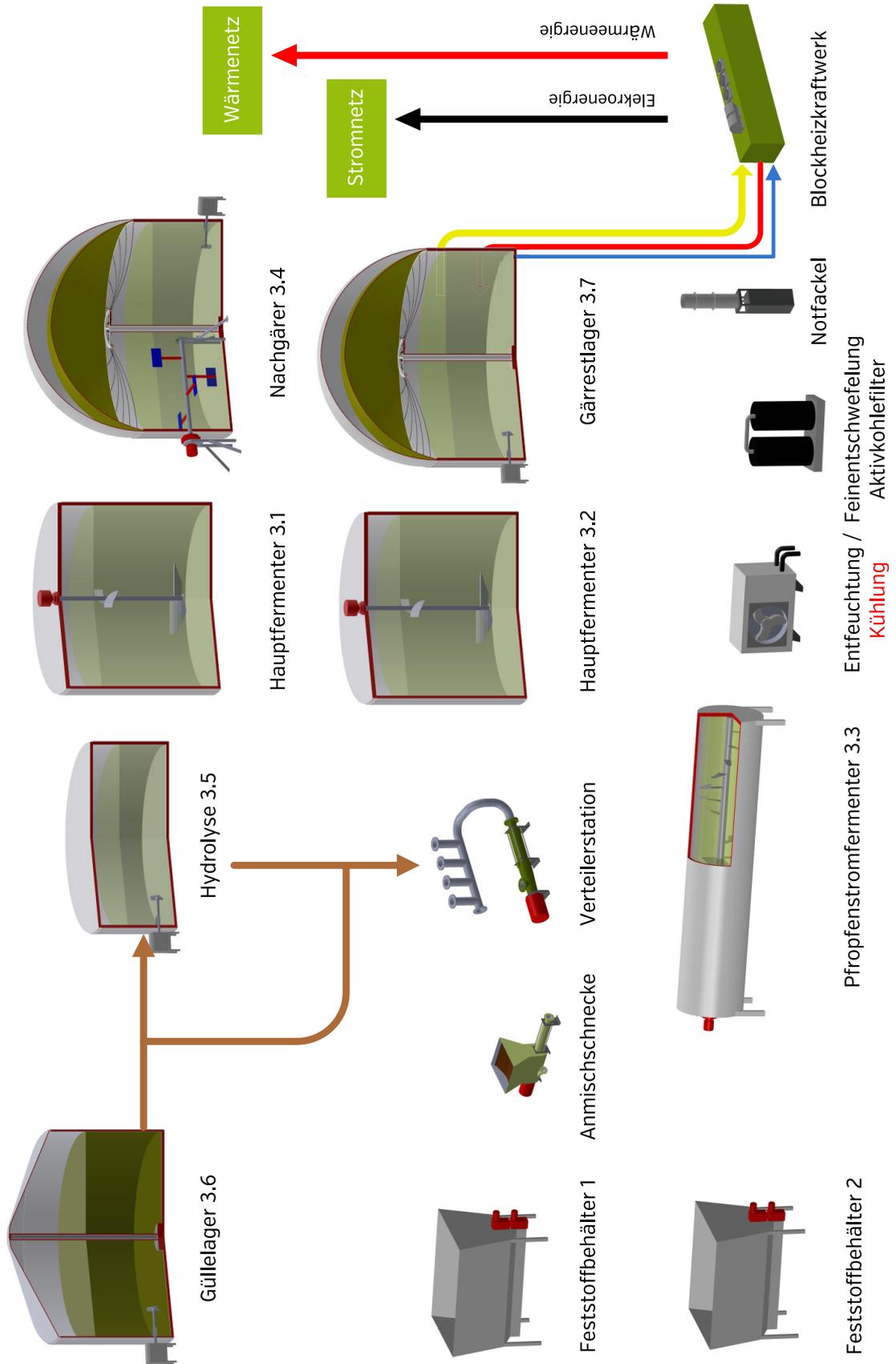
4.9. Storage of fermentation residue 3.7.0 with biogas storage

ITEM DESIGNATION	MEASURE	PRODUCER	MODEL	MEASUREMENT RANGE	OUTPUT SIGNAL	NOTE
M7.001	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, height 2.5. m
M7.002	temperature	Siemens	Sitrans TH300	0-100 °C	4-20 mA	wall digester, height 1.0 m
M7.003	pressure	Siemens	Sitrans P300	10-1000 mbar	4-20 mA	filling level, hydrostatic pressure head
M7.004	end position	Siemens	Pointek CLS200	----	contact switch	Maximum filling level digester, capacitive switch
M7.005	pressure	VEGA	VEGABAR BR54	-30-30 mbar	4-20 mA	pressure biogas digester
M7.006	distance	Endres und Hauser	PROSONIC M	0-10 m	4-20 mA	filling level biogas storage, ultrasonic measuring system
M7.007	pressure	SKI/Siemens	SDF/ Sitrans P	0-20 mbar	4-20 mA	pressure difference, flow rate biogas, attention should be paid to inlet zone and outflow zone,
	pressure	VEGA	VEGABAR 17	0-2,5bar	4-20 mA	absolut pressure biogas pipe, necessary for standardization
	temperature	Thermokon	SFK0205008	-50-50 °C	4-20 mA	temperature biogas pipe, necessary for standardization

4.10. Measurement instrumentation piping system and other

ITEM DESIGNATION	MEASURE	PRODUCER	MODEL	MEASUREMENT RANGE	OUTPUT SIGNAL	NOTE
M9.3.01	pressure	TIVAL	FF4-16 DAH	1 -16 bar	contact switch	distributor 1, safety system
M9.3.02	pressure	TIVAL	FF4-16 DAH	1 -16 bar	contact switch	distributor 2, safety system
M9.3.03	temperature	Siemens	R58	-50-260 °C	4-20 mA	distributor 2
M9.3.04	Speed,flow rate	Endress &Hauser	Proline Promag 55	0-100 m³/h	Profibus DP	flow rate digestate, magnetic-inductive

ITEM DESIGNATION	MEASURE	PRODUCER	MODEL	MEASUREMENT RANGE	OUTPUT SIGNAL	NOTE
M9.7.01	pressure	TIVAL	FF4-16 DAH	1 -16 bar	contact switch	compressor safety system
M9.4.01	pressure	TIVAL	FF4-16 DAH	1 -16 bar	contact switch	distributor 3, safety system
M9.4.02	pressure	TIVAL	FF4-16 DAH	1 -16 bar	contact switch	distributor 4, safety system
M9.4.03	temperature	Siemens	R58	-50-260 °C	4-20 mA	distributor 3
M9.4.04	Speed,flow rate	Endress &Hauser	Proline Promag 55	0-100 m ³ /h	Profibus DP	flow rate digestate, magnetic-inductive
-	quality biogas	awite	AwiFLEX	CH ₄ 0-100 % CO ₂ 0-100% O ₂ 0-25% H ₂ 0-2000 ppm H ₂ S 0-5000 ppm	Profibus DP	measurement connection to all digester and CHP





Por meio do **giz** Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Ministério das Cidades

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7958-053-6



9 788579 580536

