

ESTUDO DE CASO APLICADO

AMBICOOP

COOPERATIVA DE GERAÇÃO DE ENERGIAS
SUSTENTÁVEIS E SANEAMENTO RURAL
TOLEDO – PR



Produto II

Estudo de Caso Aplicado AMBICOOP

*Cooperativa de Geração de Energias Sustentáveis
e Saneamento Rural | Toledo – PR*

Créditos foto da capa: Parque das Araucárias – Guarapuava, Paraná.

Universidade de São Paulo

Reitor: Carlos Gilberto Carlotti Junior

Vice-reitora: Maria Arminda do Nascimento Arruda

Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo

Diretor: Prof. Dr. Roberto Zilles

Vice-diretor: Prof. Dr. Tércio Ambrizzi

FICHA CATALOGRÁFICA

M691	<p>Estudo de caso aplicado AMBICOOP: cooperativa de geração de energias sustentáveis e saneamento rural Toledo-PR: produto II. [recurso eletrônico] organização Suani Teixeira Coelho; autores, Fabio Rubens Soares ... [et al.]. --São Paulo: Editor IEE-USP, 2023. 72p.: il. 30cm. – (Projeto: Sistemas de Energia do Futuro III. Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais)</p> <p>ISBN 978-65-88109- 18-2 DOI 10.11606/9786588109182</p> <p>1. Biodigestório anaeróbios. 2. Biogás. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Soares, Fabio Rubens. II. Lima, Heleno Quevedo de. III. Coelho, Suani Teixeira. IV. Garcilasso, Vanessa. V. Ferraz, Antônio Djalma. VI. Varkulya, Americo. VII. Percin, Danilo. VIII. Título.</p>
-------------	--

Elaborado por Maria Penha da Silva Oliveira CRB-8/6961

Creative Commons
Attribution-NonCommercial 4.0
International (CC BY-NC 4.0)



Copyright © 2023 Universidade de São Paulo. Instituto de Energia e Ambiente. Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e autoria e respeitando a Licença Creative Commons indicada.

PUBLICADO POR:

Sistemas de Energia do Futuro

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

=====

Ministério de Minas e Energia (MME)

Ministro » Alexandre Silveira

Secretário de Planejamento e Transição Energética » Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Diretor Nacional » Michael Rosenauer

Diretor de Energias Renováveis e Eficiência Energética » Johannes Kissel

Diretor do Projeto Sistemas de Energia do Futuro » Daniel Almarza

=====

Coordenação da Publicação

GIZ

» Fabian Laudien

» Vitor Peixoto de Souza

ELABORAÇÃO

» Fabio Rubens Soares (Editor Técnico)^{1,3}

» Heleno Quevedo de Lima (Editor Técnico)²

» Suani Coelho³

» Vanessa Garcilasso³

» Antônio Djalma Ferraz³

» Americo Varkulya³

» Danilo Perecin³

¹ ENVIROSERVICES Consultoria Ambiental e Sustentabilidade; ² Portal Energia e Biogás; ³ Grupo de Pesquisa em Bioenergia (GBio) - Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE/USP).

Cooperativa de Geração de Energias Sustentáveis e Saneamento Rural – AMBICOOP

» Ilmo Werle Welter - Presidente do Conselho de Administração da AMBICOOP

» Neudi Mosconi - Me Le Biogas GmbH

=====

Revisão Técnica

» Fabian Laudien

» Vitor Peixoto de Souza

**Revisão Textual e de Linguagem
Inclusiva e Não Sexista**

» Davi Miranda

Diagramação

» Máquina CW

Sobre o Projeto

O Projeto Sistemas de Energia do Futuro III integra a Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável e é implementado pela Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH e pelo Ministério de Minas e Energia (MME), com apoio do Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha. Seu objetivo principal é apoiar a integração das energias renováveis e eficiência energética no sistema brasileiro de energia.

Informações legais

Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelas autoras e pelos autores. Apesar disso, podem ocorrer erros com relação ao conteúdo. Dessa forma, nem a GIZ e tampouco essas autoras e autores podem ser responsabilizadas/os por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo, direto ou indireto, resultante do uso ou da confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo que sejam, direta ou indiretamente, resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações.

A duplicação ou reprodução do todo ou de partes do estudo (inclusive a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) bem como a distribuição para fins não comerciais são permitidas, desde que o MME e a GIZ sejam citados como fonte da informação. Para outros usos comerciais – inclusive duplicação, reprodução ou distribuição do todo ou de partes dessa publicação –, o MME e a GIZ precisarão dar expressa autorização.

Prefácio

O Projeto Sistemas de Energia do Futuro III integra a Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável e foi implementado pela Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH e pelo Ministério de Minas e Energia (MME), com apoio do Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha. Seu objetivo principal do projeto é apoiar a integração das energias renováveis e eficiência energética no sistema brasileiro de energia.

Considerando os impactos negativos já conhecidos do aquecimento global e a necessidade de descarbonizar a matriz energética mundial e a do Brasil, a produção e o uso de biogás e biometano a partir de diferentes resíduos se mostram um tema fundamental e premente.

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo é apresentar a pessoas interessadas informações tecnológicas sobre a biodigestão anaeróbia para obtenção do biogás e seus derivados, e modelos de negócios para a produção de biogás, principalmente de origem dos dejetos animais. Em particular, apresenta-se o estudo de caso do Projeto Biogás do município de Toledo, no Oeste do Paraná, que executa uma configuração pioneira de produção de biogás associada à obtenção de energia elétrica e biofertilizante. A documentação e a avaliação do projeto disponibilizadas pelo estudo podem permitir que o modelo seja replicado a outras regiões do país, incrementando ainda mais a matriz energética brasileira com a utilização de fontes renováveis de energia e o reaproveitamento de resíduos.

O Projeto avaliado realiza a produção de biogás, utilizando dejetos animais de 41 localidades de produtores/as da região a uma taxa aproximada de 1000 m³/hora e, conseqüentemente, energia elétrica para uso próprio com excedente compartilhado à rede de distribuição a uma taxa de aproximadamente 48 MWh/dia. Uma das inovações do projeto reside na adoção da produção de biogás centralizada, com transporte dos resíduos até os biodigestores, em um modelo que busca a otimização dos benefícios energéticos e ambientais.

O Projeto inclui também aproveitamento produtivo e aplicações do digestato e dos biofertilizantes, que são coprodutos da biodigestão anaeróbia. No estudo são apresentados os principais atores do processo produtivo considerado no Projeto, desde o planejamento até as operações e a manutenção do empreendimento.

O Projeto foi desenvolvido pelas equipes da ENVIROSERVICES Consultoria Ambiental e Sustentabilidade; Portal Energia e Biogás; e Grupo de Pesquisa em Bioenergia (GBio) – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE/USP). Agradecemos aos principais autores:

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

- Fabio Rubens Soares (Editor Técnico)^{1,3}
- Heleno Quevedo de Lima (Editor Técnico)²
- Suani Coelho³
- Vanessa Garcilasso³
- Antônio Djalma Ferraz³
- Americo Varkulya³
- Danilo Percin³

Também houve cooperação e apoio da Cooperativa de Geração de Energias Sustentáveis e Saneamento Rural – AMBICOOP, através de Ilmo Werle Welter, presidente do Conselho de Administração da AMBICOOP, e de Neudi Mosconi, da Me Le Biogas GmbH.

Considerando seu potencial de mitigação de impactos ambientais e reconhecendo o desenvolvimento de uma infraestrutura pioneira e de um modelo de negócios original e viável para o setor de biogás, o empreendimento caracteriza-se por ser um projeto-piloto inovador, cujo sucesso e aprendizados garantirão sua reprodução em outras localidades do país.

Espera-se que a documentação disponibilizada neste estudo possa contribuir como importante fonte de referência para a disseminação de projetos eficientes e sustentáveis de produção de biogás no Brasil e no mundo.

São Paulo, agosto de 2023.

Prof. Dra. Suani T Coelho

Coordenadora

Grupo de Pesquisa em Bioenergia

Instituto de Energia e Ambiente

Universidade de São Paulo

Realização



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Elaboração



¹ ENVIROSERVICES Consultoria Ambiental e Sustentabilidade; ² Portal Energia e Biogás; ³ Grupo de Pesquisa em Bioenergia (GBio) - Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE/USP).

Sumário

Lista de Figuras	10
Apresentação	12
Resumo Executivo	13
Capítulo I	16
CARACTERIZAR CONDIÇÕES AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICAS DA MICRORREGIÃO ESTUDADA	16
1.1 Caracterização do Município de Toledo.....	17
1.2. Identificação geográfica do projeto.....	18
1.3. Localização da usina de bioenergia da AMBICOOP	18
1.4 Impactos sociais, econômicos e ambientais.....	20
1.5 Produção de adubo orgânico granulado para fertilização de solo na cadeia de produção de grãos: uma vantagem adicional.....	22
1.6 Cronograma de Execução do Projeto	24
1.7 Inovação e pioneirismo na região de Toledo.....	24
1.8 <i>Benchmark</i> regional: plantas de biogás em operação na região de Toledo	26
Capítulo II	31
COOPERATIVA DE GERAÇÃO DE ENERGIAS SUSTENTÁVEIS E SANEAMENTO RURAL – AMBICOOP	31
2.1. A cooperativa	31
2.2. Perfil das propriedades rurais dos cooperados da AMBICOOP	33
2.3 Modelo Jurídico da AMBICOOP	35
Capítulo III	37

Projeto: Sistemas de Energia do Futuro III

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

DESCRIÇÃO DO MODELO DE NEGÓCIO DA COOPERATIVA

AMBICOOP	37
3.1 Gestão de Riscos do Projeto.....	40
3.2 Parcerias Estratégicas para Viabilizar o Projeto.....	41
Capítulo IV.....	46

DESCRIÇÃO DO MODELO TÉCNICO DA COOPERATIVA

AMBICOOP	46
4.1 Avaliação da viabilidade técnica da solução planejada pelo AMBICOOP ..	46
4.2 Vantagens e desvantagens do modelo	47
4.3 Riscos envolvidos.....	49
4.4 Planta e Descrição Operacional	49
4.5 Utilização de biogás	59
4.6 Fluxograma do Processo da Usina e Tratamento do Digestato e descrição da Unidade de biodigestão do Rocio.....	62
Capítulo V.....	70

PONTOS DE MELHORIA, BOAS PRÁTICAS E PLANO DE AÇÃO

PARA CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO	70
5.1 Como o modelo de negócios / modelo técnico pode ser melhorado?	70
5.2 Identificar boas práticas que poderiam ser replicadas em outros projetos. 70	
5.3 Plano de ação para a operação da usina.....	71
5.4 Tempo de operação	72
5.5 Operação pretendida.....	72
Capítulo VI.....	74

CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
-----------------------------------	-----------

Lista de Figuras

Figura 1 – Evolução do efetivo do rebanho de suínos em Toledo (PR).....	16
Figura 2 – Localização geográfica do município de Toledo.	18
Figura 3 – Localização da área para edificação da usina de bioenergia e localização dos cooperados da AMBICOOP, em Toledo.	19
Figura 4 – Unidade de peneiramento e granulação do composto orgânico.....	23
Figura 5 – Cronograma de execução do projeto.	24
Figura 6 – Biodigestor BLC em Toledo.	27
Figura 7 – Usina EnerDinBo (2 MW) – Ouro Verde do Oeste (PR).....	28
Figura 8 – Reatores, ETE Rio Toledo (Sanepar).	29
Figura 9 – Usina Biogás – MELE.....	29
Figura 10 – Execução das obras da Central de Bioenergia a Biogás de Toledo..	30
Figura 11 – Principais cultivos dos/as cooperados/as da AMBICOOP.	33
Figura 12 – Perfil dos/as cooperados/as da AMBICOOP.	34
Figura 13 – Fluxo de Caixa (FC) da Planta de Biogás – AMBICOOP.....	39
Figura 14 – Processo de separação da fração sólida e líquida nas unidades de produção.	52
Figura 15 – Rede coletora dos efluentes das propriedades rurais para a planta de produção de biogás. É um elemento essencial para reduzir custos da captação dos resíduos, viabilizando o projeto da AMBICOOP.....	53
Figura 16 – Representação da malha da rede coletora dos dejetos líquidos das unidades de produção dos suinocultores e agroindústrias instaladas na microrregião do Rocio, em Toledo (linhas verde, vermelha e lilás). A rede coletora conecta os/as cooperados/as até a usina de bioenergia da AMBICOOP (unidade do Rocio).	54
Figura 17 – Exemplo do local de armazenamento dos resíduos na usina de bioenergia da AMBICOOP (unidade do Rocio). Local para estocagem de material sólido (esquerda) e sistema de silo (direita).....	55
Figura 18 – Exemplo de planta com reatores CSTR.....	55
Figura 19 – <i>Layout</i> da usina de bioenergia da AMBICOOP (unidade do Rocio)...	56
Figura 20 – Tanque para tratamento e armazenamento do digestato.....	56
Figura 21 – Detalhe do sistema de alimentação e operação com trator pá carregadeira.	57
Figura 22 – Detalhe do equipamento dosador de sólidos.	57

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 23 – Detalhe do biodigestor CSTR estrutura interna e externa.	58
Figura 24 – Fluxograma do processo de cogeração.	59
Figura 25 – Instalação em série de motogeradores a biogás (sistema modular em contêiner).	60
Figura 26 – Motogerador a biogás OC13 Scania.	61
Figura 27 – Fluxograma da Unidade de Bioenergia da AMBICOOP.	62
Figura 28 – Fluxograma da Unidade de Compostagem – Rocio, Toledo.	64
Figura 29 – Processo de separação mecânica – separação de sólidos em filtro prensa.	65
Figura 30 – Processo de desidratação do lodo e compostagem.	65
Figura 31 – Flotador – tratamento com polímeros para a retirada da carga orgânica.	66
Figura 32 – Extração de nutrientes por microalgas e aguapé.	67
Figura 33 – Digestato tratado bombeado como retorno da usina e sendo utilizado como fertirrigação para produção de biomassa ou produção de grãos.	67
Figura 34 – Sistemas de secagem do lodo em processo de compostagem.	68
Figura 35 – Sistemas de compostagem e biossecagem com mantas de cobertura semipermeável Gore® HeapCover.	69

Projeto: Sistemas de Energia do Futuro III

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Apresentação

Este trabalho faz parte do Projeto Sistemas de Energia do Futuro III. O objetivo do estudo é apresentar, a pessoas interessadas, informações tecnológicas sobre a biodigestão anaeróbia para aquisição de biogás e seus derivados, bem como modelos de negócios para a produção de biogás, principalmente de origem de dejetos animais, trazendo como estudo de caso o Projeto Biogás de Toledo (PR) – pioneiro na produção de biogás – e, com ele, a aquisição de eletricidade, o que pode ser replicado a outras regiões nacionais, incrementando ainda mais a matriz energética brasileira com o emprego de fontes renováveis e reaproveitamento de resíduos.

Resumo Executivo

Um dos principais objetivos deste estudo é apresentar, a pessoas interessadas, modelos de negócio para a produção de biogás, principalmente de origem dos dejetos animais, trazendo como estudo de caso o Projeto Biogás da cidade de Toledo (PR) – pioneiro de produção de biogás – e, com ele, a obtenção de eletricidade, o que pode ser replicado a outras regiões do país, incrementando ainda mais a matriz energética brasileira com o uso de fontes renováveis e o reaproveitamento de resíduos.

Este Projeto tem como objetivo a produção de biogás através de dejetos animais de 41 produtores/as da região. Isso significa que os efluentes da criação de animais serão coletados e destinados para produção de biogás em uma taxa de coleta de efluentes de aproximadamente 1000 metros cúbicos por hora (m³/hora).

Essa transformação do biogás em eletricidade permitirá que os/as produtores/as utilizem essa energia para consumo próprio e, caso haja excedente, poderão compartilhá-la com a rede de distribuição local. A taxa de energia elétrica excedente compartilhada será de aproximadamente 48 megawatts hora por dia (MWh/dia). Em resumo, o Projeto visa transformar resíduos animais em biogás e produzir energia elétrica a partir desse biogás, beneficiando produtores/as locais e contribuindo para a sustentabilidade ambiental e energética da região.

O Projeto inclui também o aproveitamento para uso e as aplicações do digestato e dos biofertilizantes, que serão produzidos pelos resíduos da biodigestão anaeróbia. Além disso, contempla uma apresentação dos principais atores do processo produtivo considerado, desde o planejamento até as operações e a manutenção do empreendimento.

O Projeto, considerando seu potencial de mitigação de impactos ambientais e sua capacidade de produção de biogás nessa escala, é inédito no país e se destaca pela inovação de um projeto-piloto que permite a sua reprodução em outros lugares do Brasil.

Principais características do Projeto que o tornam inovador e inédito:

- primeira central de produção de biogás e energia elétrica com uso de proteína animal, a ser construída no país em escala comercial;
- grande possibilidade de motivar e incentivar iniciativas similares em outras regiões do país;
- grande potencial de mitigação de impactos ambientais e geração de fonte de renda a produtores/as e investidores/as;
- promoção de autossuficiência de alimentação e consumo de energia elétrica para produtores/as da região;
- participação coletiva do Projeto via cooperativa, o que permite ganho de escala, benefícios e vantagens coletivas;
- estrutura de modelo de negócio com a participação da família e participação intensa da mulher;

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

- rede de coleta de biomassa via coletiva, o que minimiza custos e impactos de transporte;
- interação social e participativa dos associados em benefícios compartilhados;
- compartilhamento dos benefícios e vantagens do Projeto, atendendo à demanda coletiva de energia elétrica das unidades de produção de suínos;
- incentiva a união e solidariedade entre os associados no sentido de promover o bem comum e o desenvolvimento dos negócios de todas as pessoas participantes.

Espera-se que este trabalho contribua para a difusão de projetos de biogás no país e no resto do mundo.

O apoio técnico que a GIZ proporcionou para a cooperativa AMBICOOP gerou resultados positivos em múltiplas frentes, como: fortalecimento das ações para o desenvolvimento do projeto, conscientização sobre a importância da missão da cooperativa para a sustentabilidade da região e reconhecimento sobre o fortalecimento da economia local, assim como a disseminação do conhecimento e a promoção de parcerias internacionais. As publicações desenvolvidas sobre o projeto da AMBICOOP, a partir do apoio e do fomento da GIZ, impactam diretamente na divulgação do projeto da cooperativa, possibilitam a repercussão e a disseminação do conhecimento construído a partir desse estudo de caso e a promoção de práticas sustentáveis. Alguns dos benefícios que podem ser citados e destacados a partir do apoio da GIZ são os seguintes:

Reconhecimento do projeto: a publicação do estudo de caso permitirá que a cooperativa receba maior visibilidade e reconhecimento por suas práticas inovadoras, o que pode trazer benefícios tanto para sua reputação quanto para atração de novos investimentos.

Ampliação do público-alvo: a publicação do estudo de caso pode atrair um público maior e mais diversificado, que possa se interessar pelas práticas sustentáveis da cooperativa AMBICOOP e engajar-se em iniciativas semelhantes.

Aprendizado para outras organizações: a publicação do estudo de caso permitirá que outras organizações tenham acesso a informações valiosas sobre o projeto, possibilitando a replicação de suas práticas bem-sucedidas em outros contextos.

Fortalecimento da Imagem da AMBICOOP: a publicação do estudo de caso reforçará a imagem da cooperativa como organização comprometida com a sustentabilidade e com os objetivos do desenvolvimento sustentável – alinhado às ações de governança ambiental, social e econômica –, como também com práticas inovadoras, o que pode gerar mais credibilidade e confiança em seus *stakeholders*.

Contribuição para o desenvolvimento sustentável: a divulgação das publicações sobre o projeto da AMBICOOP pode inspirar outras organizações a adotarem práticas mais sustentáveis, contribuindo para o desenvolvimento sustentável de suas comunidades.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Acesso a novos mercados: a publicação do estudo de caso pode abrir portas para novos mercados que valorizem a sustentabilidade, permitindo que a cooperativa explore novas oportunidades de negócios e aumente sua rentabilidade.

Fortalecimento das parcerias internacionais: a publicação do estudo de caso pode contribuir para o fortalecimento das parcerias internacionais da cooperativa, permitindo a troca de experiências e a colaboração com organizações de outros países em iniciativas sustentáveis.

Fortalecimento da união entre os cooperados: a publicação do estudo de caso pode ter impacto positivo na autoestima dos cooperados, pois reconhece o trabalho e o esforço conjunto em prol do projeto de biogás. Isso pode fortalecer a união dos cooperados, aumentar o engajamento de cada colaborador na cooperativa e contribuir para a melhoria do ambiente de trabalho.

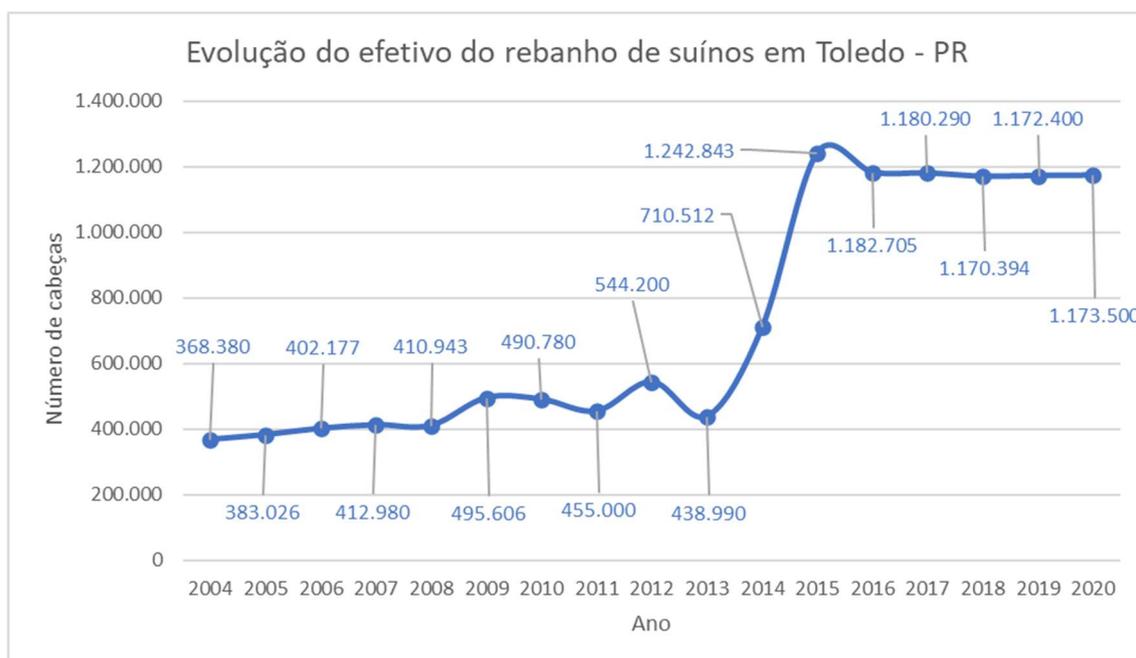
Reconhecimento local da importância da cooperativa: a publicação do estudo de caso pode contribuir para o reconhecimento da importância da cooperativa na gestão de resíduos, saneamento rural, melhoria da qualidade de vida dos cooperados e impacto na saúde pública da região. Isso pode gerar mais apoio da população local e das autoridades públicas para iniciativas da cooperativa, como a produção de energia renovável, a transição energética para descarbonização, a economia circular e a promoção de iniciativas para fortalecer o/a produtor/a rural do município. Além disso, o reconhecimento da importância da cooperativa pode incentivar o surgimento de novas cooperativas em outras regiões do país.

Capítulo I

CARACTERIZAR CONDIÇÕES AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICAS DA MICRORREGIÃO ESTUDADA

No município de Toledo, há um plantel estático de aproximadamente 1.200.000 suínos alojados responsáveis por mais de 3.600.000 m³ de dejetos ano, conforme destacado na Figura 1. Esses dejetos estão armazenados em esterqueiras nas unidades de produção, onde ocorre a digestão anaeróbia nessas lagoas, produzindo o gás metano (CH₄), um gás com potencial de aquecimento global 21 vezes mais poluente que o gás carbônico (CO₂). A estimativa indica que, se todos os resíduos da atividade agropecuária e das agroindústrias do município fossem tratados adequadamente em plantas de digestão anaeróbia, o potencial de produção de biogás seria superior a 200 mil Nm³/dia.

Figura 1 – Evolução do efetivo do rebanho de suínos em Toledo (PR)



Fonte: IBGE Cidades (2022).

Na cadeia de produção de frango de corte e postura, há aproximadamente 10 milhões das aves alojadas, que produzem mais de 140 mil toneladas ano de esterco. Somados a essa quantidade de resíduos, Toledo ainda dispõe de uma quantidade

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

significativa de resíduos das agroindústrias e da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (FORSU), atualmente destinados ao aterro sanitário municipal.

Todos esses resíduos orgânicos (substratos para biodigestão) apresentam grande potencial metanogênico que, através de um processo eficiente de digestão anaeróbica, podem atingir uma produção de mais de 10.000 kW de energia elétrica por hora, evitando, assim, a emissão de gases do efeito estufa (toneladas de CO₂ por ano).

As unidades de tratamento e transformação devem ser implementadas microrregionalmente. Descentralizadas, essas unidades permitirão que, no raio de sua atuação, seja possível o tratamento total dos passivos ambientais existentes com a implementação das unidades híbridas de biodigestão anaeróbica e compostagem, transformando o passivo existente em grande matriz econômica baseada na recuperação energética, geração de energia renovável e economia circular. A totalidade dos resíduos existentes é suficiente para produzir milhões de kWh/ano de energia renovável, e milhares de toneladas de composto orgânico para fertilização de solo, permitindo desse modo uma economia circular, contribuindo para a independência de importação de adubos químicos no processo de produção de grãos na região de Toledo.

A implementação de um sistema moderno de saneamento rural permitirá qualidade de vida a produtores/as rurais, segurança ambiental e ensejará a ampliação da produção de proteína animal, pois dejetos ou resíduos são limitadores de crescimento, impedindo a ampliação dos rebanhos em virtude da legislação ambiental que regulamenta o setor produtivo. A redução de gases de efeito estufa (GEE), que seriam emitidos livremente para a atmosfera durante o processo de decomposição da matéria orgânica, trará benefícios coletivos à saúde da população municipal.

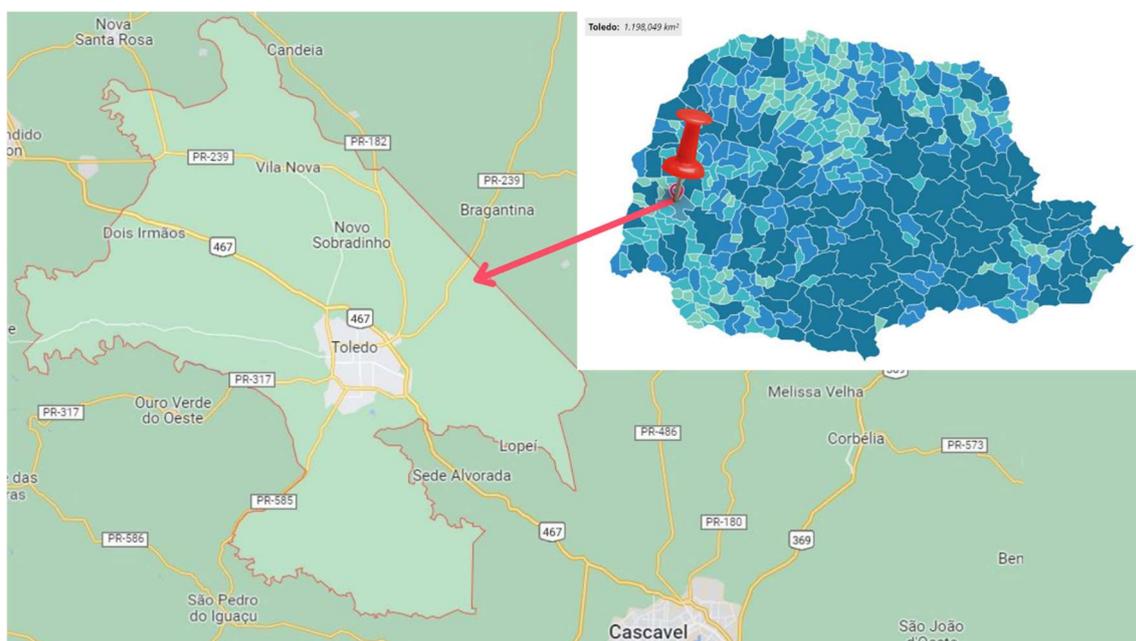
1.1 Caracterização do Município de Toledo

A cidade de Toledo (Código do Município no IBGE 4127700) está localizada na região oeste do estado do Paraná, região Sul do Brasil (Coord. GPS -24.7342209,-53.7359098), a 540 km de distância de Curitiba, capital do estado (Figura 2). Possui uma área territorial de 1.198,049 km² e uma população estimada de 144.601 habitantes (2021). Conforme dados oficiais de 2010, a densidade demográfica correspondia a 99,68 hab./km². Com um PIB *per capita* de R\$ 44.016,71 e apresentando 57,8% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é 0,768.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 2 – Localização geográfica do município de Toledo



Fonte: Adaptado Google Maps e IBGE Cidades.

O território do município é composto inteiramente pelo bioma Mata Atlântica. O solo fértil e plano reuniu características que possibilitam a Toledo tornar-se referência na produção de grãos, sendo considerada a Capital do Agronegócio do Paraná.

1.2. Identificação geográfica do projeto

No planejamento de implantação das unidades de tratamento e transformação dos resíduos da atividade agropecuária e agroindústria, um dos fatores norteadores foi a análise das bacias hidrográficas, pois, ao se estruturar o sistema de rede para a coleta do digestato líquido, a topografia é fundamental, e as unidades de produção estão localizadas próximas de córregos e rios. A primeira unidade contemplará a parte final do rio Toledo e sua conexão com o rio São Francisco.

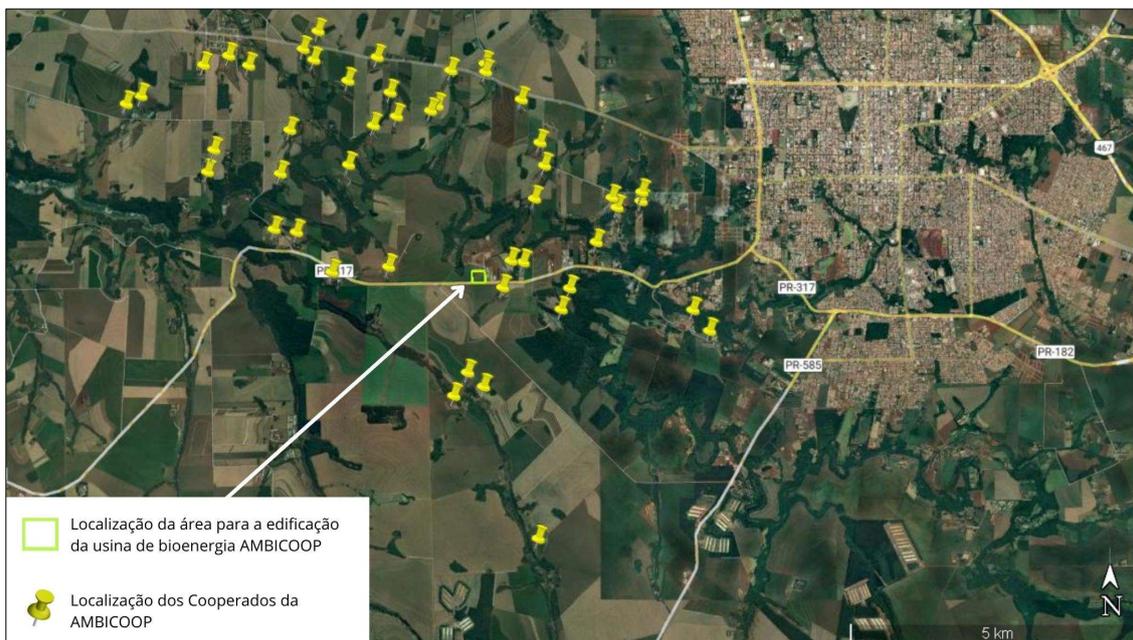
1.3. Localização da usina de bioenergia da AMBICOOP

A primeira usina de bioenergia será edificada na parte leste do município, na bacia do São Francisco, ao lado do aterro municipal no Lote Rural 27/28-DI, com área total de 60 mil m², situado na parte oeste dos Perímetros B, Linha São Francisco – distrito das sedes e Comarca de Toledo, com as demais especificações constantes na matrícula 7108 do 2 Serviço Imobiliário da Comarca de Toledo.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 3 – Localização da área para edificação da usina de bioenergia e localização dos cooperados da AMBICOOP, em Toledo



Fonte: AMBICOOP.

O volume total de substratos apurados conforme planilha acima é de 952,26 m³ /dia, compreendendo 832,15 m³ /dia de resíduos da atividade agropecuária, e 122 m³ de resíduos da atividade agroindustrial.

Essa grande variedade de substratos permitirá a estruturação de um balanço de massa a fim de assegurar uma alimentação equilibrada aos micro-organismos que farão a digestão e conversão da matéria orgânica em biogás.

Em geral, todos os tipos de biomassa podem ser usados como substratos, desde que contenham carboidratos, proteínas, gorduras, celulose e hemicelulose como componentes principais. É importante que os seguintes pontos sejam levados em consideração ao selecionar o substrato para produção de biogás:

- A composição do substrato deve ser adequada para o processo de digestão anaeróbia que será utilizado;
- O valor nutricional presente no substrato, daí o potencial de formação de biogás deve ser o mais alto (quando for possível);
- O substrato deve estar livre de contaminantes e elementos nocivos que possam comprometer a atividade dos micro-organismos anaeróbios;
- O substrato tem que proporcionar, sempre que possível, uma composição de biogás rica em metano;
- A composição do resíduo orgânico, quando utilizado como substrato na digestão anaeróbia, deve estar de acordo com a legislação para que o digestato possa ser utilizado como biofertilizante.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

De acordo com Kunz et al. (2019), os substratos utilizados durante a digestão anaeróbia nas usinas brasileiras (biodigestores) em operação são: dejetos da suinocultura, resíduos e efluentes da indústria de alimentos e/ou bebidas, codigestão de resíduos (digestão anaeróbia com mistura de resíduos), aterro sanitário, dejetos da bovinocultura de leite ou corte, esgoto, resíduos de abatedouro de aves ou suínos, lodo de esgoto, resíduos e efluentes da indústria sucroenergética e da indústria de laticínios.

1.4 Impactos sociais, econômicos e ambientais

Os principais impactos, benefícios e vantagens da recuperação energética dos resíduos da suinocultura de Toledo com esse Projeto podem ser listados como integrantes dos cinco pilares básicos da sustentabilidade, que são:

- ✓ Benefícios ambientais;
- ✓ Benefícios econômicos;
- ✓ Benefícios no tratamento de resíduos;
- ✓ Benefícios na geração de energia;
- ✓ Benefícios sociais.

Os principais **benefícios ambientais** são:

- Redução da poluição do ar, do solo e dos recursos hídricos;
- Redução de mau odor gerado durante a degradação dos resíduos;
- Redução de patógenos;
- Redução das emissões de gases de efeito estufa;
- Redução da carga orgânica dos efluentes;
- Aumento do rendimento agrícola, quando o digestato apresenta características para ser utilizado como biofertilizante;
- Em propriedades rurais, possibilita a redução da área necessária para expansão da produção.

Já os **benefícios econômicos** são:

- Geração de empregos na cadeia do biogás (temporário durante a construção plantas de biogás e permanente para processos de operação e manutenção, assim como ampliação de ofertas de vagas em todos os níveis da cadeia de fornecedores de produtos e serviços para o setor de biogás);
- Conversão de passivos ambientais em ativos econômicos (redução de custos na gestão dos resíduos e geração de receita);
- Integração com diversos arranjos econômicos (por exemplo, possibilidade de integração com processos de compostagem);
- A produção de biogás no campo possibilita a melhoria da infraestrutura rural e diversifica a captação de novas fontes de renda para o/a produtor/a rural;
- O digesto produzido pelo sistema pode reduzir ou até mesmo substituir as compras de fertilizantes químicos.

No que diz respeito aos **benefícios do tratamento de resíduos**:

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

- Processo de tratamento de resíduos orgânicos abrange grande leque de beneficiados: resíduos agropecuários, de saneamento, agroindustriais etc;
- A digestão anaeróbia é uma tecnologia madura e segura;
- A análise do ciclo de vida destaca que a produção de biogás é competitiva, quando comparada com outras fontes, possui uma pegada de emissões de carbono mínima (em muitos casos a pegada é negativa);
- A biodigestão proporciona a redução do volume de resíduos para transporte, para aplicação no solo quando comparado com outros processos que não usam biodigestão;
- Durante a produção de biogás, a decomposição da matéria orgânica é muito eficiente;
- Permite a captação completa de biogás;
- Recuperação e reciclagem de nutrientes.

Benefícios na geração de energia:

- Produção de biogás para geração de energia renovável e limpa (sem emissão de carbono de origem fóssil);
- Atendimento de múltiplas aplicações de uso final do biogás: biogás somente para aquecimento; biogás somente para geração de energia elétrica; cogeração – produção de calor e energia combinados;
- Produção de biometano com qualidade compatível ao gás natural;
- Uso como combustível para transporte;
- Fonte firme de energia, despachável e sem intermitência;
- Geração distribuída de energia;
- Substituição direta de combustíveis fósseis não renováveis.

Benefícios sociais:

- Condições sanitárias mais adequadas em propriedades rurais, evitando o risco da exposição dos trabalhadores e moradores aos efluentes (excrementos animais) que causam contaminações e doenças;
- Acesso a condições sanitárias mínimas por parte de comunidades carentes – onde não há saneamento básico –, reduzindo significativamente a causa de doenças associadas à contaminação por patógenos;
- Redução de vetores como moscas e vermes, proporcionando, aos ambientes, condições de trabalho melhores e reduzindo a insalubridade;
- Autossuficiência energética obtida com a produção de energia derivada da biodigestão;
- Redução dos custos de produção, evitando exposição à variação dos preços internacionais do petróleo ou à variação dos preços da energia elétrica;
- Possibilidade do reaproveitamento do biofertilizante, o que reduz a dependência de fertilizantes químicos.

Outras **vantagens** do tratamento anaeróbico e benefícios da implementação da usina são:

- Fim da destinação inadequada dos resíduos;
- Eliminação dos riscos de contaminação do solo e das fontes de abastecimento de água potável;

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

- Contribuição para a produção sustentável da cadeia de proteína animal;
- Produção de grãos mais sustentável, com a disponibilidade do fertilizante orgânico produzido na biúsina;
- Garantia de melhorias ambientais significativas;
- Melhoria significativa da condição socioeconômica do/a produtor/a rural;
- Ampliação da cadeia da suinocultura com segurança ambiental;
- Aumento de retorno de impostos aos cofres do município;
- Praticidade na renovação e ou na concessão das licenças ambientais pelos órgãos de controle;
- Consolidação de novas matrizes econômicas;
- Possibilidades futuras na substituição da matriz energética da produção agropecuária com a substituição do óleo diesel pelo biometano.

1.5 Produção de adubo orgânico granulado para fertilização de solo na cadeia de produção de grãos: uma vantagem adicional

A unidade de tratamento e transformação dos passivos ambientais das atividades agropecuárias e da agroindústria, após a biodigestão anaeróbica e o tratamento físico e químico, terá como subproduto grande quantidade de matéria orgânica que, compostada com outros resíduos – como poda de árvores e corte de grama – resultará num substrato rico para a fertilização do solo, em substituição parcial e gradativa da adubação química.

Adubos e/ou fertilizantes são substâncias utilizadas para auxiliar no plantio e promover a aceleração e desenvolvimento do solo e da vegetação. Podemos classificar os adubos em orgânicos e inorgânicos por sua composição.

O adubo orgânico é feito através de matéria orgânica, ou seja, resíduos vivos de animais e vegetais.

Nesse caso, o fertilizante é colocado na área de plantio e, através da decomposição, libera, aos poucos, os nutrientes presentes na mistura de restos vegetais (folhas, galhos, cascas de arroz etc.), além de farinha de ossos e fezes de animais (boi, cavalo, porco, galinha etc.).

Já o adubo inorgânico, também conhecido como fertilizante químico, é feito através da extração de minerais, formando uma mistura de sais dos principais nutrientes necessários às plantas, como nitrogênio, potássio, fósforo, entre outros.

Os dois tipos de adubos são vantajosos para a agricultura, sendo indispensáveis para um bom cultivo.

Ambos apresentam vantagens e desvantagens que devem ser estudadas por especialistas em agronomia a fim de escolher o que melhor se encaixa em cada caso.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

O fertilizante orgânico é mais indicado por ter um processo mais natural. Com ele, o solo fica mais enriquecido. Assim sendo, aumenta a resistência das plantas a doenças, pragas e climas adversos, além de aumentar a capacidade do solo em armazenar água.

O crescimento da população de organismos vivos úteis para o ecossistema – como minhocas, besouros, fungos e bactérias benéficas – acaba sendo outra vantagem para o equilíbrio e a saúde ecológica, além de promover reciclagem de matéria orgânica do lixo urbano. O nível nutricional e de sais minerais no produto orgânico é maior se comparado com o convencional.

Já a adubação orgânica é um processo mais demorado, tanto em sua fabricação quanto em sua aplicação. O tempo de decomposição do adubo para liberar os nutrientes é alto, não sendo possível dimensionar exatamente a quantidade de adubo a ser colocada para suprir as necessidades específicas de um cultivo.

Com a utilização do adubo inorgânico, é possível saber quanto exatamente pode ser utilizado para o perfeito cultivo dos produtos. Outra grande vantagem do fertilizante químico é a rapidez com que os minerais são absorvidos pelas plantas, acelerando o seu crescimento. Existe risco de contaminação do solo se houver agentes infecciosos nas fezes dos animais ou nos demais resíduos utilizados para a produção do adubo orgânico.

Figura 4 – Unidade de peneiramento e granulação do composto orgânico



Fonte: AMBICOOP.

Toda a produção de matéria orgânica da planta será processada na planta de formulação do composto, sendo ensacada a seguir em estruturas de sacos *bag* para que o/a produtor/a possa facilmente utilizá-lo nas suas áreas de produção de grãos. O processo deverá ser implementado com a maior quantidade possível de automação.

Destaca-se o benefício para a municipalidade com a unidade de compostagem, pois todos os resíduos verdes (poda da arborização, corte de grama e varrição urbana) serão processados na unidade e incorporados ao composto orgânico granulado.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

1.6 Cronograma de Execução do Projeto

As etapas do projeto estão ilustradas no diagrama de Gantt, que destaca o avanço do projeto da planta de biogás da AMBICOOP. Os intervalos de tempo representam início e fim de cada fase, aparecendo como barras verdes sobre o eixo horizontal da Figura 5.

De acordo com os dados de Mosconi e Tündermann (2022), o início do projeto ocorreu em maio de 2022, com previsão para conclusão em novembro de 2023, totalizando aproximadamente mais de 500 dias de trabalho.

- Data do começo do projeto: 9/5/2022
- Data do fim do projeto: 6/11/2023
- Total de dias: 546

Figura 5 – Cronograma de execução do projeto



Fonte: AMBICOOP

1.7 Inovação e pioneirismo na região de Toledo

O projeto idealizado e em realização pela AMBICOOP é **inovador** no Brasil, tornando-se uma referência, um modelo a ser seguido e replicado por outras iniciativas

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

similares em diferentes regiões do país. Sobre o seu caráter inovador, uma questão nos faz refletir:

“O que faz do projeto um projeto pioneiro um projeto-piloto e inovador?”

Quando comparado com outros projetos de biodigestão, as principais características de inovação é a remoção dos biodigestores do tipo “lagoa coberta” das propriedades, com a instalação de uma rede de coleta de dejetos e a implantação de uma única central de biodigestão. Trata-se de uma usina de biogás de alto desempenho, como peça central de um sistema de saneamento rural para recuperação energética de dejetos.

Sobre a rede de coleta de dejetos, no Item **4.4**, “**Planta e Descrição Operacional**” (p. 47), são apresentados os benefícios e as principais características desse sistema.

Esse empreendimento, considerando seu potencial de mitigação de impactos ambientais e sua capacidade de produção de biogás nessa escala – **é inédito** no país e caracteriza-se por ser um projeto piloto inovador, que **permite a sua replicação em outras localidades do país**.

O **modelo jurídico** adotado para promover o projeto na forma de cooperativa e seus associados também é inédito no país, pois promove a interação social e participativa dos associados em benefícios compartilhados por meio da mitigação de passivos ambientais gerados pelos resíduos da produção animal e da minimização de custos e geração de receitas com a produção de energias renováveis.

A participação ativa dos associados também é exemplar, tornando compartilhadas as coletas do material residual oriundos das unidades de produção e disponibilizando o biogás, a energia elétrica produzida e os biofertilizantes a todas as pessoas participantes da associação, permitindo o uso para finalidade própria ou para serem comercializados.

Esse Projeto, com a presente configuração, incentiva a união e a solidariedade entre os associados no sentido de promover o bem comum e o desenvolvimento dos negócios de todas as pessoas envolvidas.

A rede coletora coletiva que fará a captação dos resíduos animais das fazendas também se mostra como inovação e ineditismo diferenciado e produtivo, pois promove a captação coletiva da biomassa, reduzindo custos de transporte e emissões de gases de efeito estufa, assim como permitindo a continuidade e o compartilhamento de matéria-prima a todos os/as produtores/as e maximizando os resultados e eficiência da central de produção de Biogás e energia elétrica. Mais informações sobre a rede coletora podem ser vistas no item 4.4. deste trabalho.

É intenção e interesse da GIZ e do Ministério de Minas e Energia (MME) tornar possível e viável a replicação desse Projeto da AMBICOOP em outras regiões do Brasil, promovendo e incentivando a produção e uso de fontes renováveis de energia, sendo a produção de biogás nesse caso proveniente do processo produtivo da suinocultura, a produção de energia elétrica utilizando uma fonte renovável e possibilitando também a

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

produção de subprodutos como biofertilizantes, CO₂, amônia e hidrogênio verde, que têm importância fundamental na matriz energética brasileira, que já se encontra em posição privilegiada diante da matriz energética mundial, com a utilização de recursos energéticos renováveis.

1.8 *Benchmark* regional: plantas de biogás em operação na região de Toledo

Na região de Toledo, há potencial significativo de resíduos da agropecuária, o que possibilita a operação de muitas unidades produtoras de biogás. São plantas com configurações e características diferentes. São projetos isolados, de empreendedores e investidores que visam remediar o passivo ambiental.

Foi realizada uma visita a campo para identificar e analisar algumas plantas produtoras de biogás em operação na região de Toledo. Foram identificados excelentes estudos de caso que contribuirão para ampliar o conhecimento das melhores práticas, bem como avaliar as especificidades de projetos tão diferentes. A seguir serão apresentadas informações de alguns modelos de unidades de produção de biogás em operação na região:

- **Biodigestor Lagoa Coberta – BLC**

O biodigestor BLC é o modelo mais utilizado em Toledo para o tratamento dos dejetos na suinocultura e na produção de biogás. Essa configuração tem características que facilitam sua implantação. Basicamente o projeto é um tanque escavado no solo, com forma geométrica retangular na base e seção trapezoidal com inclinação do talude variável de acordo com o tipo de solo.

Esse tanque é impermeabilizado e coberto por materiais geossintéticos como mantas de PVC flexível, ou mantas de PEAD, entre outros. Esses materiais são suficientemente flexíveis e capazes de acumular biogás.

Normalmente o projeto de BLC não apresenta mecanismos para monitoramento e controle da digestão anaeróbia, e o desempenho da produção de biogás pode ser comprometido por diferentes fatores. A Figura 6 apresenta um biodigestor BLC com desempenho da produção de biogás comprometido pela queda da temperatura ambiente.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 6 – Biodigestor BLC em Toledo



Fonte: Autores.

- **Usina EnerDinBo**

A usina híbrida Biogás/Energia Solar Fotovoltaica (EnerDinBo) está localizada no Lote Rural 25-B S/N – Fazenda Britânia Zona Rural, Ouro Verde do Oeste (PR). Sua localização está distante 15,6 km da área destinada para a edificação da usina de biogás da AMBICOOP.

A usina EnerDinBo foi inaugurada em 20 de outubro de 2020, com capacidade para tratar 700 mil litros de dejetos suínos por dia. O projeto atende mais de 40 suinocultores da região, cujos rebanhos, quando somados, totalizam um plantel de mais de 100 mil suínos.

Todo esse volume de dejetos destinados aos biodigestores modelo lagoa coberta (BLC) (Figura 7) produz biogás para alimentar um conjunto de geradores de energia elétrica. O Projeto do BLC da EnerDinBo tem tecnologia para monitoramento e controle de alguns parâmetros do processo. A capacidade instalada da usina EnerDinBo é de 2,0 MW, suficiente para abastecer mais de 5 mil residências.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 7 – Usina EnerDinBo (2 MW) – Ouro Verde do Oeste (PR)



Fotos: Autoria do estudo

- **ETE Rio Toledo – Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar)**

A Estação de Tratamento e Esgoto (ETE) denominada Rio Toledo está a 6,7 km do local destinado para a edificação da usina de biogás da AMBICOOP. Localizado no conjunto Barão do Rio Branco II, em Toledo, atende ao tratamento de esgoto dos bairros Panorama e São Francisco.

Essa unidade, implantada desde 2018, caracteriza-se por ser um projeto modular, é de rápida instalação, com ampla versatilidade para ser remanejado e ampliado. A ETE Rio Toledo usa, como tecnologia, a aeração natural para redução da matéria orgânica solúvel por flotação.

Em seus reatores (Figura 8), a tecnologia permite o controle da emissão de gases, destinando o biogás para queima em *flares*. A estação tem capacidade para tratar 100 litros de dejetos por segundo e demandou investimentos da ordem de R\$ 20,5 milhões.

Projeto: Sistemas de Energia do Futuro III

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 8 – Reatores, ETE Rio Toledo (Sanepar)



Foto: Autoria do estudo

- **Usina Biogás – MELE**

A usina Toledo MELE Biogás GmbH é um projeto inovador que reúne características comuns tanto nos projetos de biodigestores BLC quanto nos de biodigestores CSTR.

Figura 9 – Usina Biogás – MELE



Fotos: Autoria do estudo.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

- **Central de Bioenergia a Biogás de Toledo – Linha Flórida**

A Central de Bioenergia de Toledo, desenvolvida pelo Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás), Itaipu Binacional com apoio da prefeitura municipal de Toledo, Embrapa, a ADAPAR, a Associação Regional de Suinocultores do Oeste (Assuinoeste), com investimentos de aproximadamente R\$19 milhões, com objetivo de tratamento de efluentes da suinocultura, destinação de carcaças de suínos não abatidos e resíduos agroindustriais da região e produção de energia elétrica para compensar o consumo de eletricidade dos prédios públicos da prefeitura municipal.

A Central de Bioenergia teve início das obras em agosto de 2020. Em maio de 2022, ainda em fase de implantação (Fig.10) , é um projeto que produzirá energia elétrica com uma potência instalada de 1 MW, com uma estimativa de produzir 3.800 MWh/ano. A central está em uma área de 55 mil m² e poderá tratar 330 m³ de detritos por dia, oriundos de 15 propriedades rurais.

Figura 10 – Execução das obras da Central de Bioenergia a Biogás de Toledo



Fotos: Autoria do estudo

As visitas técnicas oferecem conhecimento sobre diferentes tipos de projetos, assim como uma análise mais crítica do projeto da planta de biogás da AMBICOOP. O projeto da planta a ser instalada na microrregião do Rocio apresentará características únicas na localidade, entre elas soluções inovadoras para o saneamento rural da região.

Dessa forma, os resíduos orgânicos serão beneficiados em reatores de alto desempenho. A centralização da Planta de Biodigestão, que integra vários/as

produtores/as, possibilita reduzir os custos operacionais do processo além de gerar ganhos de produtividade.

Capítulo II

COOPERATIVA DE GERAÇÃO DE ENERGIAS SUSTENTÁVEIS E SANEAMENTO RURAL – AMBICOOP

2.1. A cooperativa

A cooperativa AMBICOOP foi constituída a partir da assembleia geral ordinária realizada no dia 13 de abril de 2021 com o propósito de estruturar uma solução coletiva para o problema dos dejetos (resíduos orgânicos) existentes nas unidades de produção agropecuária e nas pequenas agroindústrias instaladas microrregião do Rocio, em Toledo.

Os objetivos principais da AMBICOOP são:

- a. Geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis;
- b. Fabricação de adubos e fertilizantes orgânico-minerais;
- c. Realizar tratamento anaeróbio dos resíduos e da biomassa, resultando na produção de biogás;
- d. Implantar usinas de compostagem para tratamento e transformação de resíduos verdes e orgânicos;
- e. Realizar serviços de coletas de resíduos não perigosos;
- f. Realizar serviços de tratamento e disposição de resíduos não perigosos;
- g. Planejar, construir e operar em parceria, plantas de produção de gases e fertilizantes para fornecimento aos cooperados, para autoconsumo remoto ou para comercialização;
- h. Tratar resíduos gerados na cadeia de produção agropecuária, das unidades de produção de seus cooperados, transformando-os em energias renováveis através do processamento do biogás e de fertilizantes orgânicos a serem consumidos ou comercializados entre os/as cooperados/as ou também no autoconsumo da cooperativa;
- i. Planejar, construir e operar – individualmente ou em parceria – unidades de cogeração e ou unidades de produção de biocombustíveis para fornecimento a cooperados/as ou para autoconsumo;
- j. Planejar, construir e operar – individualmente ou em parceria – usinas de produção de energia solar para fornecimento a cooperados/as ou para autoconsumo remoto;
- k. Planejar, construir e operar em parceria unidades de produção unidades de produção agropecuárias e unidades de comercialização de biocombustíveis e hidrogênio verde;
- l. Estruturar novas matrizes econômicas com a transformação de passivos ambientais em ativos econômicos (plantas de CO_2 , produção de biometano,

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

- bioenergia, plantas solares, plantas eólicas, adubo orgânico, entre outras possibilidades);
- m. Promover geração e compartilhamento de energia elétrica ou autoconsumo remoto, através da produção de energia solar, eólica ou bioenergia derivada do tratamento de resíduos da atividade agropecuária e da agroindústria;
 - n. Firmar acordos de cooperação técnica e operacional com outras cooperativas, bem como com outras entidades públicas e privadas nacionais e internacionais.

A estrutura de governança corporativa da AMBICOOP é composta dos seguintes órgãos:

1. Assembleia-geral;
2. Conselho de administração;
3. Diretoria executiva e
4. Conselho fiscal.

O excesso de dejetos produzidos é limitador da expansão da produção de suínos no município. Nesse sentido, a produção de biogás contribuirá diretamente para remediar um problema ambiental. Como solução, foi estruturado um modelo híbrido de geração de bioenergia, compostagem e granulação desse composto orgânico tratado. A cooperativa, ao tratar esse passivo, promoverá qualidade ambiental, retorno financeiro a produtores/as cooperados/as e condições de expansão da cadeia da suinocultura no território da cidade.

A microrregião do Rocio possui uma área de 8 mil hectares, correspondente a 6,68 % do território de Toledo. A microrregião foi escolhida por ter um menor volume de dejetos por dia para tratamento, por ter relevo e topografia desafiadores que permitirão estudos de soluções de transporte por tubulações e bombeamento. Esses estudos serão primordiais para a definição de modelo estrutural eficaz, no sistema de transporte do volume total gerado de efluentes nas unidades de produção até a unidade de tratamento. Para o projeto, está previsto uma segunda fase com o foco em refino do biogás, produção de biometano (CH₄) para uso veicular e produção de gás carbônico (CO₂) para aplicação industrial em frigoríficos.

Principais serviços

- Programa de saneamento rural;
- Geração de energia solar fotovoltaica;
- Produção de biogás;
- Produção de adubo orgânico e biofertilizante;
- Compensação de energia elétrica por meio da microgeração e minigeração distribuída de eletricidade.

Projetos desenvolvidos

- Estruturação da cooperativa;
- Projetos da primeira usina de biogás;

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

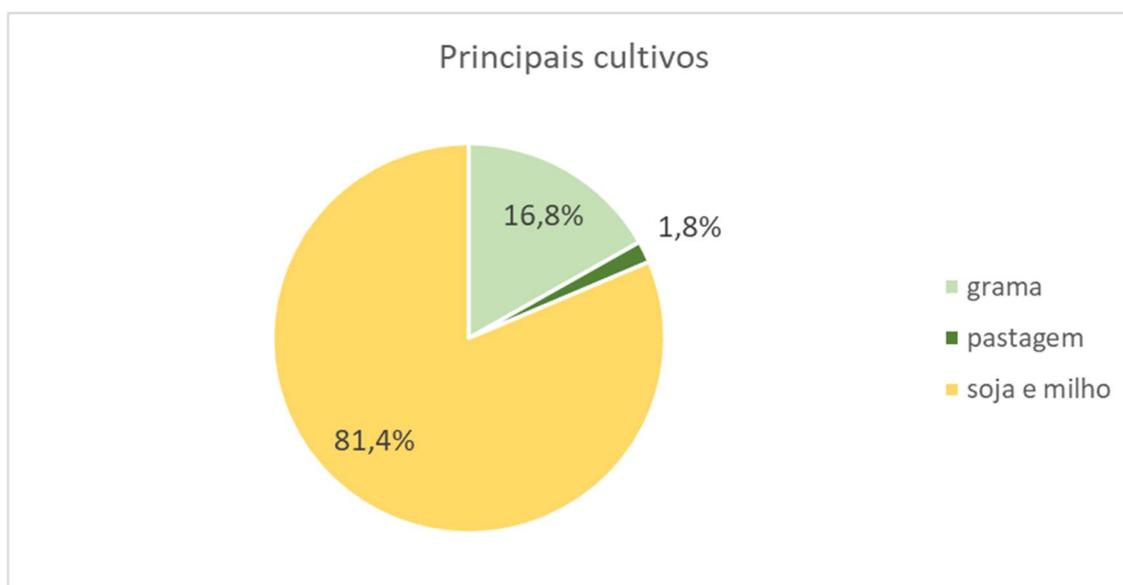
- Mapeamento de 100% da cidade de Toledo (capacidade para 20 plantas híbridas – biogás/energia solar fotovoltaica, capacidade de 1 MW, para tratar exclusivamente dos resíduos da atividade agropecuária).

2.2. Perfil das propriedades rurais dos cooperados da AMBICOOP

A AMBICOOP possui 48 cooperados/as, proprietários/as de 49 estabelecimentos rurais localizadas na microrregião do Rocio, em Toledo. As 49 propriedades totalizam uma área de 904,41 hectares; desta, a área útil destinada para o cultivo corresponde a 644,75 hectares (71,3% da área total das propriedades).

Conforme dados informados pelos cooperados, na área útil das propriedades são cultivados grama, pastagem, soja e milho, distribuídos conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Principais cultivos dos/as cooperados/as da AMBICOOP



Fonte: Elaboração própria

Quanto ao porte médio das propriedades, 36,96% delas têm área de até 10 hectares; 26,09% possuem entre 10,1 até 20,0 hectares; 19,57% das propriedades têm entre 20,1 e 30,0 hectares; e 17,39% correspondem às propriedades com mais de 30,1 hectares.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Tabela 1 – Porte médio das propriedades.

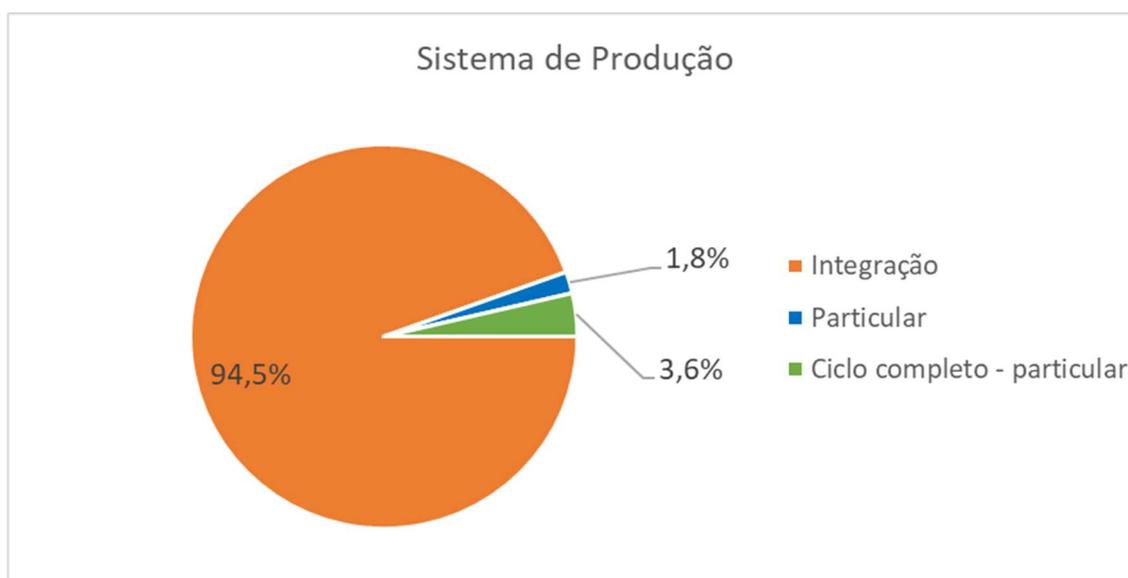
Escala	Percentual (%)	Porte médio (hectares)	Total (hectares)
Até 10 ha	36,96%	6,82	115,92
de 10,1 até 20,0 ha	26,09%	14,06	168,66
de 20,1 até 30,0 ha	19,57%	24,28	218,54
com mais de 30,1 ha	17,39%	50,16	401,29
	100,00%	-	904,41

Fonte: Elaboração própria.

Quanto ao sistema de produção de suínos, 94,5% dos/as suinocultores/as cooperados/as da AMBICOOP atuam no sistema de integração, ou seja, é um sistema de produção em que o/a produtor/a rural recebe da agroindústria todos os insumos para manejo dos plantéis. O/a produtor/a (integrado/a) recebe tal material da empresa integradora no momento da entrega dos animais no frigorífico. Nesse modelo a principal vantagem é a garantia de mercado para seus animais.

O restante dos/as produtores/as 5,5% (particular; ciclo completo – particular) trabalha de forma independente, executando todas as fases de crescimento dos suínos. O valor total recebido por animal para o abate depende diretamente da quantidade de carne na carcaça. Os ganhos podem ser um pouco superiores ao modelo de integração; no entanto, o/a produtor/a independente estará mais exposto/a aos riscos do mercado.

Figura 12 – Perfil dos/as cooperados/as da AMBICOOP



Fonte: Elaboração própria

O plantel distribuído entre os/as cooperados/as da AMBICOOP corresponde a 54.500 aves, 527 gados (gado confinado + vacas leiteiras) e mais de 90 mil suínos,

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

que produzem dejetos destinados para 94 lagoas de retenção, como esterqueiras. Além destes resíduos integram a planta mais 122 toneladas/dia de lodos de diversas atividades agroindústrias.

Tabela 2 – Total do plantel

		Percentual (%)	Quantidade de animais
Aves			54.500
Gado			527
Suínos	crechário	1,5%	
	leitões	18,9%	
	matrizes	7,4%	
	reprodutor	0,3%	
	terminação	71,8%	
	Total	100,0%	90.861

Fonte: Elaboração própria

O modelo jurídico adotado para promover o Projeto na forma de cooperativa também é inédito no país, pois promove interação social e participativa dos/as associados/as em benefícios compartilhados por meio da mitigação de passivos ambientais gerados por resíduos da produção animal e, também, por meio da minimização de custos e geração de receitas com a produção de energias renováveis.

A participação ativa das pessoas associadas também é exemplar, tornando compartilhadas as coletas do material residual oriundo das unidades de produção e disponibilizando o biogás, a energia elétrica produzida e os biofertilizantes a todos/as os/as participantes da associação, além de permitir o uso para finalidade própria ou para serem comercializados.

Com a presente configuração, esse empreendimento incentiva a união e a solidariedade entre as pessoas associadas no sentido de promover o bem comum e o desenvolvimento dos negócios de todos/as os/as participantes.

A GIZ e o MME têm intenção e interesse em realizar a difusão desse negócio para outras regiões do país, a fim de promover e estimular a produção e o uso de fontes renováveis, sendo a produção de biogás nesse caso proveniente da suinocultura, a produção de eletricidade utilizando fonte renovável e possibilitando também a geração de biofertilizantes, CO₂, amônia e hidrogênio verde, subprodutos com significativa importância na matriz energética brasileira, que já conta com posição privilegiada diante da matriz energética mundial quanto ao uso de energia renovável.

2.3 Modelo Jurídico da AMBICOOP

A estrutura jurídica adequada a um projeto depende de aspectos contábeis, fiscais e regulatórios associados ao negócio, também considerando:

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

- quantidade de participantes e objetivos de cada uma das pessoas envolvidas;
- custos de capital e padrão de lucro previsto para o projeto;
- relação com entidades reguladoras;
- instrumentos de dívida e situação fiscal das pessoas participantes;
- jurisdições políticas do local onde o projeto será instalado.

Entre as formas de desenvolver e instalar os projetos referentes à utilização de biogás, podem ser consideradas, de forma geral, as seguintes figuras jurídicas: a criação de uma corporação, o estabelecimento de parcerias e a criação de empresas de responsabilidade limitada.

A Cooperativa de Geração de Energias Sustentáveis e Saneamento Rural (AMBICOOP) é uma pessoa jurídica de direito privado, de natureza civil, singular, constituída pela união de pessoas para fins econômicos, sem fins lucrativos, com responsabilidade limitada e regida através de disposições estatutárias e legislação vigente.

O Projeto Biogás Toledo, em referência, é regido pelo Estatuto da AMBICOOP, como parte de suas iniciativas comunitárias e do empreendedorismo, visando o bem comum e a sustentabilidade ambiental, social e de governança da própria cooperativa e da região onde atua.

O sistema de cooperação mútua foi adotado pelas características da cooperativa, por representar o apoio coletivo e de participação voluntária dos/as cooperados/as, integrando a coleta de resíduos coletivamente e produzindo o biogás e a energia elétrica na usina integrada de reaproveitamento energético dos resíduos da suinocultura local, permitindo nesse formato benefícios e resultados para toda a comunidade.

Acredita-se que o modelo adotado representa a vontade da coletividade e visa o desenvolvimento sustentável de toda a região de Toledo.

Capítulo III

DESCRIÇÃO DO MODELO DE NEGÓCIO DA COOPERATIVA AMBICOOP

Os principais motivadores do Projeto Biogás Toledo são a redução de passivos ambientais causados pela destinação inadequada dos resíduos da suinocultura e a geração de novas fontes de renda para produtores/as da região.

O Projeto trará fontes de receitas representadas pela redução de tarifas pagas pela substituição de uso da rede interligada de energia elétrica para uma fonte de produção própria; redução de custos com a destinação de resíduos animais; venda da energia elétrica do excedente de energia elétrica produzida; melhor estabilidade e autonomia no abastecimento de energia elétrica nas operações de produção; criação de oportunidades de emprego; desenvolvimento pessoal e profissional de trabalhadoras e trabalhadores; e geração de novas fontes de renda para o/a produtor/a rural devido à possibilidade da produção de derivados do biogás, como fertilizantes, biometano, amônia, gás carbônico e hidrogênio verde. O Projeto também trará como fonte de renda a captação de recursos provenientes da mitigação de gases de efeito estufa pela possibilidade da certificação e comercialização de créditos de carbono por emissões evitadas do gás metano na atmosfera. Todas essas fontes de renda tornam o Projeto atrativo e viável do ponto de vista econômico.

As vantagens e os benefícios econômicos locais e regionais trazidos pela execução do Projeto são os seguintes: geração de empregos na cadeia do biogás (temporário durante a construção da usina e permanente para processos de operação e manutenção), assim como ampliação de ofertas de vagas em todos os níveis da cadeia de fornecedores de produtos e serviços para o setor de biogás; conversão de passivos ambientais em ativos econômicos (redução de custos na gestão dos resíduos e geração de receita); integração com diversos arranjos econômicos, como a possibilidade de integração com processos de compostagem; melhoria da infraestrutura rural e diversificação da captação de novas fontes de renda para produtores/as rurais por parte da produção de biogás no campo; redução ou até mesmo substituição das compras de fertilizantes químicos graças ao digesto produzido pelo sistema.

As tabelas a seguir ilustram as receitas contempladas e que fazem parte do projeto. Nas tabelas é possível notar as estimativas de CAPEX, OPEX e a receita bruta anual, assim como a movimentação de fluxo de caixa do Projeto, que tem projeção de *payback* dentro de 8 anos.

Listamos também alguns indicadores econômico-financeiros do negócio, inclusive informações referentes às receitas provenientes dos créditos de carbono que

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

poderão ser certificados pela natureza do empreendimento em evitar emissões de gases de efeito estufa.

Fluxo de caixa (FC) da AMBICOOP

A partir dos dados fornecidos pela AMBICOOP sobre as projeções estimadas de produção de biogás e potencial da planta, foi possível organizar, de forma didática e simplificada, o Fluxo de Caixa (FC) da Planta de Biogás. Tais informações estão destacadas na Tabela 3 e na Figura 13.

Projeção estimada de produção de biogás e potencial da planta (Dados fornecidos pela AMBICOOP)

Produção de biogás com 95% disponibilidade

- Biogás - 13.630.905,29 Nm³/ano Biometano - 8.114.111,38 Nm³/hora
- Biogás - 37.344,95 Nm³/dia Biometano - 22.230,44 Nm³/hora
- Biogás - 1.556,04 Nm³/hora Biometano - 926,27 Nm³/hora

Produção de biogás, energia elétrica e biofertilizante

- Total do Capex com Impostos = **R\$ 78.297.310,14**
- Custos Total do Opex = **R\$ 16.658.968,46**
- TIR (12 anos) = 6,23% ao ano (calculado no modelo simplificado).
- Payback = 7 anos e 7 meses
- Fluxo de Caixa → Total Receita Bruta Anual Estimada = **R\$ 29.657.287,20**

Tabela 3 – Fluxo de caixa (FC) da AMBICOOP (modelo simplificado sem custo do capital, juros e correções)

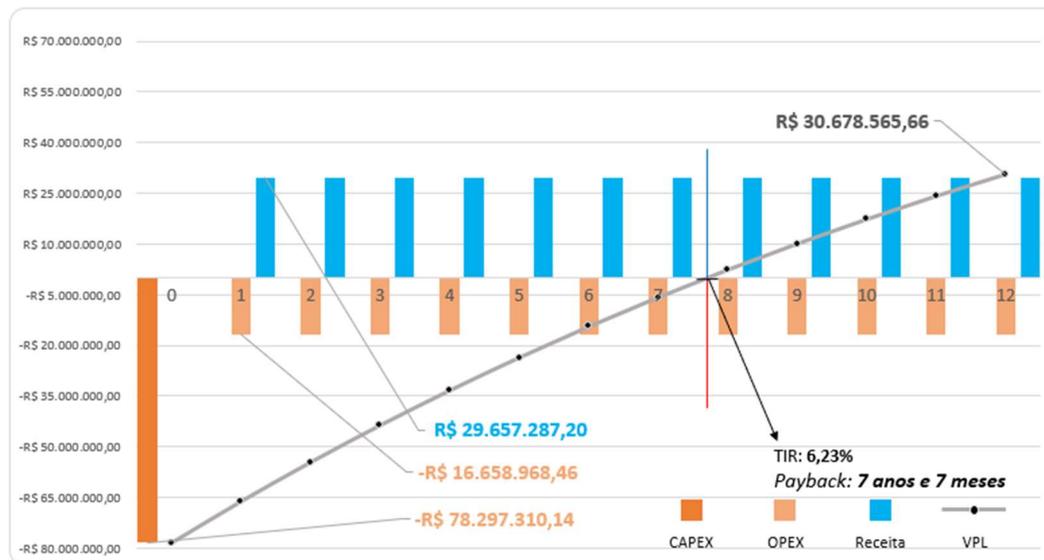
Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
0	-R\$ 78.297.310,14			-R\$ 78.297.310,14	-R\$ 78.297.310,14	-R\$ 78.297.310,14	-R\$ 78.297.310,14
1		-R\$ 16.658.968,46	R\$ 29.657.287,20	R\$ 12.998.318,74	-R\$ 65.298.991,40	R\$ 12.262.564,85	-R\$ 66.034.745,29
2		-R\$ 16.658.968,46	R\$ 29.657.287,20	R\$ 12.998.318,74	-R\$ 52.300.672,66	R\$ 11.568.457,40	-R\$ 54.466.287,89
3		-R\$ 16.658.968,46	R\$ 29.657.287,20	R\$ 12.998.318,74	-R\$ 39.302.353,92	R\$ 10.913.639,06	-R\$ 43.552.648,83
4		-R\$ 16.658.968,46	R\$ 29.657.287,20	R\$ 12.998.318,74	-R\$ 26.304.035,18	R\$ 10.295.885,91	-R\$ 33.256.762,92
5		-R\$ 16.658.968,46	R\$ 29.657.287,20	R\$ 12.998.318,74	-R\$ 13.305.716,44	R\$ 9.713.099,91	-R\$ 23.543.663,01
6		-R\$ 16.658.968,46	R\$ 29.657.287,20	R\$ 12.998.318,74	-R\$ 307.397,70	R\$ 9.163.301,80	-R\$ 14.380.361,20
7		-R\$ 16.658.968,46	R\$ 29.657.287,20	R\$ 12.998.318,74	R\$ 12.690.921,04	R\$ 8.644.624,34	-R\$ 5.735.736,86
8		-R\$ 16.658.968,46	R\$ 29.657.287,20	R\$ 12.998.318,74	R\$ 25.689.239,78	R\$ 8.155.305,98	R\$ 2.419.569,12
9		-R\$ 16.658.968,46	R\$ 29.657.287,20	R\$ 12.998.318,74	R\$ 38.687.558,52	R\$ 7.693.684,89	R\$ 10.113.254,02
10		-R\$ 16.658.968,46	R\$ 29.657.287,20	R\$ 12.998.318,74	R\$ 51.685.877,26	R\$ 7.258.193,29	R\$ 17.371.447,31
11		-R\$ 16.658.968,46	R\$ 29.657.287,20	R\$ 12.998.318,74	R\$ 64.684.196,00	R\$ 6.847.352,16	R\$ 24.218.799,47
12		-R\$ 16.658.968,46	R\$ 29.657.287,20	R\$ 12.998.318,74	R\$ 77.682.514,74	R\$ 6.459.766,19	R\$ 30.678.565,66
Total				R\$ 77.682.514,74		R\$ 30.678.565,66	

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela AMBICOOP

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 13 – Fluxo de Caixa (FC) da Planta de Biogás – AMBICOOP



Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela AMBICOOP

Análise econômico-financeira (estimativas)

- CAPEX R\$ 78.297.310,14
- OPEX R\$ 16.658.968,46
- Receitas R\$ 29.657.287,20
- Período de Fluxo de Caixa: 12 anos

Métricas de análise do custo do capital

- TMA 6,00%

Métricas de análise de viabilidade

- VPL R\$ 72.703.455,80
- TIR 6,23% anual
- IL 11,33

Tempo de Payback

- 7 anos e 7 meses

Análise TIR e TMA	VPL	Decisão
TIR > TMA	VPL é positivo (+)	Investimento é viável

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela AMBICOOP

Projeto: Sistemas de Energia do Futuro III

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Resumo do demonstrativo de liquidez real e projeção de viabilidade, de acordo com a AMBICOOP

	Ano 1	Ano 2	Ano 11	Ano 12	SOMA	
Ano	2025	2026	2035	2036	12 ANOS	
EBIT - resultado antes das deduções financeiras e fiscais	R\$ 29.657.287,20	R\$ 31.733.297,30	R\$ 58.340.372,77	R\$ 62.424.198,86	R\$ 530.522.936,90	RECEITA
Desvalorização das instalações (+)	R\$ 3.668.001,28	R\$ 3.668.001,28	R\$ 3.668.001,28	R\$ 3.668.001,28	R\$ 44.016.015,40	DEPRECIÇÃO 5%
OPEX	R\$ 16.658.968,46	R\$ 18.074.980,78	R\$ 37.665.651,86	R\$ 40.867.232,26	R\$ 325.670.335,80	OPEX
Fluxo de caixa livre (Free Cash Flow) - antes juros e reembolso	R\$ 12.998.318,74	R\$ 13.658.316,52	R\$ 20.674.720,91	R\$ 21.556.966,60	R\$ 204.852.601,11	RESULTADO LÍQUIDO
Fluxo de caixa livre (Free Cash Flow) - antes juros e reembolso deduzindo depreciação	R\$ 9.330.317,45	R\$ 9.983.439,67	R\$ 18.354.146,64	R\$ 19.638.936,91	R\$ 166.904.929,09	RESULTADO LÍQUIDO - DEPRECIÇÃO
Reembolso recurso externos (+) 10 anos com 2 de carência			R\$ 6.741.148,32	R\$ 6.741.148,32	R\$ 67.411.483,21	LIQUIDAÇÃO DO CAPEX
Juros externo (+)	R\$ 3.707.631,58	R\$ 3.707.631,58	R\$ 741.526,32	R\$ 370.763,16	R\$ 27.807.236,82	JUROS DO FINANCIAMENTO
Resultado do Fluxo da caixa total do ano	R\$ 5.622.685,88	R\$ 6.275.808,10	R\$ 10.871.472,00	R\$ 14.445.055,12	R\$ 73.604.238,75	RESULTADO LÍQUIDO APÓS AMORTIZAÇÕES JUROS E CAPITAL
Fluxo de caixa livre - acumulado	R\$ 5.622.685,88	R\$ 11.898.493,97	R\$ 59.159.183,63	R\$ 73.604.238,75	R\$ 73.604.238,75	RESULTADO LÍQUIDO APÓS AMORTIZAÇÕES JUROS E CAPITAL
Fluxo do caixa com aplicação em juros estimados de 4,5% ao ano	R\$ 5.622.685,88	R\$ 12.151.514,84	R\$ 70.599.412,48	R\$ 88.221.441,17	R\$ 88.221.441,17	LUCRO LÍQUIDO CORRIGO A 4,5% /ANO
Saldo devedor do financiamento instituição financeira	R\$ 67.411.483,21	R\$ 67.411.483,21	R\$ 6.741.148,32	R\$ 0,00	R\$ 0,00	

3.1 Gestão de Riscos do Projeto

Para a análise de um investimento em biogás, o investidor deve avaliar adequadamente seus riscos e a estratégia de gestão estabelecida para o projeto em questão. Essa análise deve levar em conta se os riscos estão sendo avaliados e dimensionados de forma eficiente, além de avaliar se eles são compatíveis com o retorno esperado.

Para o Projeto em questão, foram estudados e previstos os riscos que poderiam impactá-lo, desde sua concepção até suas operações e sua manutenção.

Os principais riscos previstos são:

- **Riscos do projeto (tecnológicos)** – foram considerados os riscos de aplicação das tecnologias e obsolescências, que foram mitigados pela aplicação de tecnologias consolidadas e reconhecidamente em uso e aprovadas na Alemanha e outras regiões do globo.
- **Riscos financeiros e de desenvolvimento** – os riscos financeiros contemplam os riscos de obtenção de recursos para financiamento do negócio, e, para mitigar as possibilidades desse risco, o empreendimento foi submetido a organismos financiadores acreditados e consolidados no mercado, garantindo assim a

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

solidez e continuidade de sua saúde financeira, tanto na fase de construção como na fase de operações.

- **Riscos de engenharia e construção – para** mitigar os riscos de engenharia e construção, o negócio foi executado por empresas de renome, tradição e atuação firme no segmento do biogás, tanto na Alemanha como no Brasil, para garantir corretas e seguras metodologias de execução de projetos desde a preparação do terreno, construção da usina, instalação dos equipamentos e elaboração dos manuais de operação e manutenção da planta, utilizando a mais recente e melhor tecnologia disponível no mercado.
- **Riscos de start-up –** os riscos previstos no *start-up* da planta foram previstos e mitigados, considerando-se como parte integrante do contrato o acompanhamento da partida da planta por projetistas e construtores/as da usina, garantindo instruções, treinamento adequado e qualificação da mão de obra para que os processos de arranque da planta ocorram em perfeitas condições de eficiência e segurança. A performance dos equipamentos e das máquinas também serão acompanhadas por fabricantes e fornecedores.
- **Riscos de abastecimento e operação –** os riscos de abastecimento e operação foram estudados e mitigados pelo compromisso de cada um/a dos/as cooperados/as de fornecer seus resíduos para a usina, garantindo assim a continuidade do abastecimento nas quantidades e qualidades esperadas, sendo um esforço coletivo de mais de 40 produtores/as da região, o que faz com que o negócio contemple uma alimentação constante de matéria-prima para a continuidade e a sustentabilidade das operações. No que diz respeito às operações propriamente ditas, está prevista a qualificação inicial e constante da mão de obra que conduzirá a operação e a manutenção da usina por consultores/as e entidades reconhecidas, garantindo assim as melhores práticas operacionais de acordo as instruções manuais das operações e equipamentos da usina. Foi elaborada também uma avaliação de riscos de explosão, por se tratar da produção de gás combustível com planos de ação de ordem preventiva e de combate a incêndios, contribuindo assim para uma gestão eficaz quanto à segurança de pessoas e processos.

3.2 Parcerias Estratégicas para Viabilizar o Projeto

Linha do tempo da adesão de Parceiros do Projeto:

2017-2018 – A equipe da secretaria de Meio Ambiente de Toledo – coordenada por seu secretário municipal Neudi Mosconi –, ciente da necessidade de estruturar um conceito e um programa para solucionar o grave problema dos dejetos e resíduos das atividades agropecuárias e da agroindústria, articulam parcerias com empresas detentoras de tecnologia e de processos de alta eficiência. Assim, no final de **2017**, iniciaram-se as tratativas com a empresa Me Le Biogás GmbH, de Torgelow (Alemanha), que se colocou à disposição para auxiliar o desenvolvimento do projeto-piloto. A empresa, através de processo de financiamento do estado de Mecklemburg em **2018**, desenvolve um programa em parceria com entidades brasileiras para administração de cursos e, como complemento, é construída uma pequena unidade de

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

biogás – microgeração (75 KW/hora em Vila Ipiranga em parceria com a empresa Bio Koller).

Em 2019, essa microunidade é inaugurada com a presença de muitas lideranças locais e regionais, marcando assim o início da fase de tropicalização de testes da tecnologia dos sistemas CSTR no tratamento dos resíduos e dejetos das atividades agropecuárias.

Em 2020, foi organizado pela Secretaria de Meio Ambiente uma conferência de energias renováveis com a presença do secretário de estado de Mecklemburg Dr. Steffan Rudolff. Nesse momento foi assinado uma carta de intenção de cooperação entre a empresa alemã Me Le Biogas GmbH, o estado de Mecklemburg e o INVEST Paraná – nesse ato representando o governo do Paraná e o município de Toledo. A partir dessa data, várias ações foram sendo estruturadas, e uma viagem de visita do secretário Neudi Mosconi e do prefeito à época, Lúcio de Marchi, à Alemanha foi realizada em dezembro de 2019. Já em janeiro de 2020, um grande encontro foi organizado em Toledo com a presença de lideranças políticas e empresariais do estado alemão de Mecklemburg, do governador do Paraná, Carlos Massa Ratinho Júnior, e sua equipe, vários deputados estaduais, órgãos de controle e fiscalização ambiental, promotoria do Meio Ambiente e conselhos. Nessa oportunidade foi assinado acordo de cooperação entre os estados visando a transferência do *know-how* e iniciando a estruturação dos projetos executivos do primeiro projeto-piloto, a Central de Bioenergia do Rocio, que na oportunidade recebeu licença prévia do IAT Instituto Água e Terra do Paraná e a licença prévia da Central de Bioenergia da Itaipu, com potência de 400 kWel/hora, que está sendo edificada na Comunidade de Flórida, interior de Toledo. Esta planta, financiada inteiramente com recursos da Itaipu – e com sua construção conduzida pelo Instituto de Pesquisa CIBIOGÁS – é parte das ações e da articulação da Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Toledo, que em 2020 promoveu a aquisição de uma área de 55 mil metros quadrados, realizando a primeira parte da terraplanagem. Através de decreto municipal, foi repassada a área em concessão para a CIBIOGÁS a fim de iniciar a estruturação dos projetos executivos e planejar edificação da unidade, que teve suas obras iniciais em 2022.

A definição da comunidade para receber o primeiro projeto-piloto foi feito pelo então secretário municipal de Meio Ambiente, Neudi Mosconi, por se tratar de um núcleo de produtores/as com produção mista e por estar ao lado do aterro municipal cuja estratégia futura prevê a incorporação do biogás do aterro e a inclusão dos resíduos orgânicos urbanos, resíduos verdes de poda de árvores e corte de grama para a incorporação ao processo de compostagem do lodo resultante do tratamento físico-químico do digestato.

Em fevereiro de 2021, Neudi Mosconi recebeu convite para ser sócio-administrador da empresa Me Le Biogás Brasil – subsidiária da empresa alemã Me Le Biogás GmbH – e iniciou a estruturação das parcerias no fornecimento de substratos e na coordenação das atividades de planejamento executivo.

Parceiros de estruturação da ideia inicial:

- Secretaria Municipal de Meio Ambiente – gestão 2017-2020;

Projeto: Sistemas de Energia do Futuro III

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

- Conselho Municipal do Meio Ambiente de Toledo;
- GAEMA – Grupo de Atuação Especializada em Meio Ambiente do Ministério Público Estadual – promotor Giovanni Ferri;
- INVEST PARANÁ – Agência de Fomento de Novos Negócios do Governo do Paraná- presidente Eduardo Bekin;
- Secretaria Estadual da Agricultura – Secretário Estadual Norberto Ortigara;
- Estado de Mecklemburg – Secretário Estadual Steffan Rudloff;
- Me Le Biogás GmbH;
- IAT – Instituto Água e Terra – órgão de controle e fiscalização ambiental do Paraná.

Feito o primeiro diagnóstico dos substratos existentes na microrregião do Rocio e alguns outros resíduos de atividades da agroindústria, fazia-se necessária a definição do modelo jurídico a ser constituído para a gestão e administração do negócio. Assim o sócio-administrador da empresa Me Le Biogás buscou a Garantioeste (Sociedade Garantidora de Crédito) que, através de seu presidente, iniciou a articulação com outros membros da sociedade de Toledo, líderes empresariais e formadores de modelos inovadores do cooperativismo regional, com a participação efetiva da cooperativa de crédito SICCOB e da OCEPAR Paraná. Após várias reuniões, tomou-se a decisão de organizar a primeira cooperativa de Geração de Energias Sustentáveis e Saneamento Rural do Paraná, denominada de AMBICOOP, que teve seu ato constitutivo em abril de 2021, tendo, em seu quadro de sócios e sócias fundadores/as, os/as produtores/as rurais da região do Rocio e empresários municipais.

Colaboradores diretos no desenvolvimento do modelo jurídico e elaboração do estatuto social:

- Garantioeste – presidente regional Edson Carollo e Presidente Nacional Augusto José Sperotto;
- cooperativa de crédito SICCOB;
- OCEPAR Paraná;
- SESCAP-PR – Presidente Alceu Dal Bosco;
- escritório de advocacia Ruy Fonsatti;

Durante dois meses essas lideranças, juntamente com representantes de produtores/as rurais apoiados por grupo técnico da OCEPAR PR, estruturam a minuta prévia do estatuto social, que é submetido a sabatina e recebe contribuição de todos/as os/as produtores/as e futuros sócios e sócias, sendo votado e aprovado em Assembleia de Constituição no dia 13 de abril de 2021. Os desafios foram muitos, pois não havia experiência que pudesse servir como referência. Constituída a cooperativa AMBICOOP, foi iniciado o processo de articulação e busca de parcerias para a estruturação e regulamentação, evoluindo para uma parceria com a GIZ, o GBio (USP), a UNIDO / Projeto GEF Biogás Brasil. Foi através da equipe de apoio técnico do Projeto GEF Biogás Brasil que foi iniciada uma integração com a direção do BNDS de Brasília e o Ministério do Meio Ambiente, por meio do ministro Joaquim Leite, que esteve em Toledo em 9 de março de 2022 para conhecer as experiências e os projetos de estruturação da

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

região oeste do Paraná. Com o avanço dessas reuniões e dos projetos executivos, foi priorizada a estruturação do agente financiador para a primeira unidade-piloto de bioenergia com tecnologia e *know-how* alemães. Nessa fase a INVEST Paraná foi fundamental para a aproximação da cooperativa AMBICOOP com o BRDE, que está sendo definido como agente financiador do empreendimento do Rocio.

Colaboração de órgãos e entidades:

- GIZ – Instituto de Energia e Ambiente (IEE) / GBio / Universidade de São Paulo;
- UNIDO – Projeto GEF Biogás Brasil;
- BNDS;
- INVEST PR;
- BRDE;
- Governo do Paraná.

Colaboração no fornecimento de substratos:

- Todos/as os/as produtores/as relacionados na lista do diagnóstico da Central de Bioenergia do Rocio;
- Diversas empresas produtoras de ração animal no município que destinarão, em momento oportuno, os resíduos de suas unidades industriais;
- Outras agroindústrias estão relacionadas como fornecedoras dos passivos de suas unidades de industrialização, mas os contratos estão protegidos por acordos de confidencialidade.

Já os fornecedores das tecnologias estão definidos, mas ainda precisam de contrato entre as partes (empresa fornecedora e AMBICOOP) que será firmado após a finalização da fase de registro e escrituração do imóvel previsto para o final de dezembro de 2022.

Fontes de Recursos e Financiamento do Projeto:

A parte inicial dos estudos e projetos executivos foi financiada pela Me Le Biogás, para recebimento futuro através da celebração de contrato específico.

As despesas com taxas, pequenas despesas com projeto de GD e processos de licenciamentos ambientais estão sendo custeados pela AMBICOOP através da integralização de cota de capital dos sócios integrantes do projeto-piloto, com cada um contribuindo com um valor pré-determinado pela instituição.

As despesas complementares aos projetos e demais taxas para a finalização da etapa de aprovação desses empreendimentos estão sendo custeados pela Me Le Biogás Brasil e pela EuroBio Brasil – empresas contratadas para administrar a construção e a operação da planta.

A aquisição do imóvel onde será instalado o complexo está sendo financiado por empresas privadas da Alemanha com a celebração de acordos para devolução futura,

Projeto: Sistemas de Energia do Futuro III

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

sem oneração na matrícula do imóvel que está sendo desmembrado e registrado em nome da AMBICOOP. Nesse sentido a terra entrará como capital próprio da cooperativa no processo de financiamento do complexo.

As máquinas, os equipamentos e as obras civis serão financiadas pelo Banco BRDE com recursos do Fundo Clima. Considerando a natureza do projeto, o BRDE tem interesse em estudar a viabilidade do instrumento de crédito de carbono como parte das garantias.

Capítulo IV

DESCRIÇÃO DO MODELO TÉCNICO DA COOPERATIVA AMBICOOP

4.1 Avaliação da viabilidade técnica da solução planejada pelo AMBICOOP

A avaliação da viabilidade técnica da planta de biogás da AMBICOOP considerou pontos estratégicos da metodologia de implantação, *start-up* e operação, factíveis tecnicamente.

A análise envolve diversos aspectos técnicos, inclusive a disponibilidade de matéria-prima (oferta de resíduos orgânicos), a capacidade de processamento, a infraestrutura necessária e a eficiência energética. Quatro aspectos técnicos são essenciais:

- A **disponibilidade de matéria-prima** é crucial para a viabilidade técnica da planta de produção de biogás. O operador da planta deve ter acesso a uma fonte estável e confiável de resíduos orgânicos para garantir que a produção de biogás seja contínua. É importante conhecer a dinâmica da atividade agropecuária, assim como desenvolver ferramentas contratuais que possam considerar todo o aspecto do fornecedor de resíduos, de modo a reduzir os riscos de desabastecimento.
- A **capacidade de processamento** é outro fator importante a ser considerado na avaliação de viabilidade técnica. Nesse escopo inclui-se a capacidade de processar os resíduos orgânicos, a capacidade de armazenamento na área da planta, a capacidade de entrega dos produtos da planta e principalmente a capacidade técnica da equipe operacional e da equipe de planejamento.
- A **infraestrutura necessária** para a implantação e a operação da planta de produção de biogás também é avaliada, incluindo instalações de armazenamento, equipamentos de processamento, equipamentos de purificação e transporte do biogás produzido.
- A análise da **eficiência energética** da planta, com objetivo de garantir altos índices de produtividade, com alto desempenho, de forma eficiente e rentável, considerando aspectos como rendimento, custos de produção e tempo de retorno do investimento.
- Mensurar e avaliar constantemente os potenciais impactos ambientais de todo o processo para garantir que o processo converta uma atividade com alto passivo ambiental em um ativo econômico.

4.2 Vantagens e desvantagens do modelo

Vantagens do tratamento anaeróbico e benefícios da implementação da usina de produção de biogás:

- O fim da destinação inadequada dos resíduos;
- A eliminação dos riscos de contaminação do solo e das fontes de abastecimento de água potável;
- Contribuição para a produção sustentável da cadeia de proteína animal;
- Produção de grãos mais sustentável, com a disponibilidade do fertilizante orgânico produzido na biossina;
- Garantia de melhorias ambientais significativas;
- Melhoria significativa da condição socioeconômica do/a produtor/a rural;
- Ampliação da cadeia da suinocultura com segurança ambiental;
- Aumento de retorno de impostos aos cofres do município.
- Praticidade na renovação e ou na concessão das licenças ambientais pelos órgãos de controle;
- Consolidação de novas matrizes econômicas;
- Possibilidades futuras na substituição da matriz energética da produção agropecuária com a substituição do óleo diesel pelo biometano.

As desvantagens de um ponto de vista técnico

a) Interrupção técnica no fermentador e pós-fermentador

Perturbações nos fermentadores são possíveis por meio de:

- Falha do aquecedor no fermentador (pouco relevante, porque não há geada e, portanto, nenhum dano ao aquecimento devido ao congelamento dos tubos de água é esperado);
- Falha do agitador no fermentador (pode ser facilmente compensada, porque haverá dois agitadores por tanque trabalhando isoladamente);
- Término do processo de fermentação. Por exemplo, por interrupção da alimentação (por meio de testes regulares de laboratório, as flutuações podem ser rapidamente detectadas na produção de biogás).
- Os agitadores são acessíveis através de uma abertura de acesso correspondente do lado de fora; portanto, podem ser reparados ou substituídos em tempo relativamente curto.

b) Descrição das medidas para interromper a operação

Após ajuste do estado de equilíbrio no desenvolvimento do gás, fornecimento de substrato e na planta de biogás é obtido, conforme descrito em detalhes na descrição operacional, um processo contínuo. Exceto para o controle e manutenção necessários para as atividades de processamento no sistema, quando houver a incorporação de

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

material sólidos, o transporte de substrato opera de forma totalmente automática, exceto a adição de biomassa no dosador.

Ações operacionais normais para descomissionamento e proteção de ativos estão incluídas nas alterações para serem documentação do fabricante, medidas mais extensas para evitar quaisquer perigos não são necessárias.

Se a geração e a utilização do biogás devem ser temporariamente suspensas, o substrato de fermentação deve ser drenado de todos os componentes da planta (por exemplo, fermentador, pós fermentador) e os componentes da planta devem ser limpos e conservados. A preservação da unidade de cogeração também é necessária.

Antes de uma “reinicialização” da planta de biogás após longo tempo de inatividade, os seguintes trabalhos de manutenção devem ser realizados:

- Verificar o tanque quanto a vazamentos e operabilidade, especialmente as ligações por parafuso e as vedações entre as juntas e a vedação do piso com o piso de concreto;
- Verificar a plataforma de trabalho + sistemas de escalada quanto à funcionalidade e à estabilidade.

Diafragma duplo – Verificar a funcionalidade e a estanqueidade do teto de armazenamento de gás.

Agitadores Axiais – Verificar o funcionamento adequado, o eixo e o rolamento quanto a danos. Ajustar e verificar asas e outros componentes. Verificar se o copo de imersão apresenta sinais de desgaste e enchê-lo com fluido de barreira (por exemplo, óleo de colza).

Misturador submersível – para funcionalidade e aperto. Deve estar de acordo com as instruções de manutenção do fabricante e, se necessário, ser trocado por vedações e fluido lubrificante nessa conexão.

- verificar o soprador de ar de suporte quanto à funcionalidade e condição técnica.
- verificar a proteção de pressão positiva e negativa para funcionalidade e condição. Deve-se desmontar e limpar em qualquer caso, peças amareladas, trocar as peças danificadas imediatamente e novas com gema de pesos de placa; ajustar o manual de operação;
- verificar a dessulfuração quanto à funcionalidade e à condição técnica; limpar o filtro;
- verificar a linha de gás quanto à funcionalidade e à condição técnica e limpar;
- verificar o sensor de estouro quanto à funcionalidade e à condição técnica e limpar;
- verificar o tubo de enchimento quanto à funcionalidade e à condição técnica e limpar;
- verificar a estação de bombeamento para funcionalidade e condição técnica e limpar;
- Verifique a funcionalidade e as condições técnicas do sistema de dosagem e limpar.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Após longo tempo de inatividade da planta de biogás, o processo de produção de biogás é interrompido, e um novo “processo de inicialização” deve ser iniciado.

Portanto, é recomendável operar o sistema continuamente 365 dias por ano. Esse projeto conceitual traz as informações necessárias e elementares para a compreensão do processo de biodigestão, com todas as etapas necessárias ao pleno funcionamento da unidade.

4.3 Riscos envolvidos

Os principais riscos envolvidos estão relacionados ao fornecimento de resíduos orgânicos, podendo afetar a produção de biogás. A mitigação desse risco deverá focar múltiplos pontos que vão desde a gestão dos resíduos na fonte, o planejamento logístico e até mesmo uso de ferramentas jurídicas que possibilitem cláusulas contratuais que reduzem a exposição do gestor da planta de biogás.

O segundo risco envolvido é inerente à operação, em que os equipamentos da planta estão suscetíveis a falhas técnicas e humanas. A mitigação desses riscos deverá considerar rigorosos planos de prevenção a falhas e constantes manutenções preventivas.

Os riscos de mercado somam-se a esse processo, podendo impactar diretamente o mercado de proteína animal por fatores internos e externos que afetam a dinâmica das *commodities*, impactando o valor de mercado dos produtos e dos insumos (energia elétrica, derivados de petróleo e tributações, entre outros).

Quando a segurança jurídica é necessária, isso requer atenção especial para mitigar a exposição a riscos regulatórios, como mudanças nas leis e regulamentos, que podem afetar a viabilidade do negócio.

E, por fim, a exposição a fatores climáticos pode afetar diretamente ou indiretamente a operação da planta, impactando as atividades econômicas que dependem do ciclo de chuvas e climas adequados.

4.4 Planta e Descrição Operacional

Feita a sistematização conceitual, descreveremos a partir deste tópico o passo a passo na instalação da unidade híbrida de tratamento e transformação dos resíduos da atividade agropecuária e da agroindústria de Toledo, com produção de GD, compostagem com granulação do composto orgânico para ser utilizado por cooperados/as como fertilizante de solo e a implantação da fertirrigação, estabelecendo um modelo completo e circular de tratamento e a transformação num processo contínuo e permanente.

Esse negócio visa utilizar o *know-how* da empresa parceira europeia Me Le Biogás no tratamento de resíduos das unidades de produção de suínos e bovinos das

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

comunidades do Rocio, Linha Boiko, linha São Valentin, sul das Comunidades do Xaxim e da Comunidade do distrito de Concórdia do Oeste, conforme ilustração abaixo, através de processos de digestão anaeróbia e fermentação para a produção de energia descentralizada e renovável. O objetivo principal é desenvolver um primeiro conceito de um fermentador tecnologicamente desenvolvido para a unidade da AMBICOOP, em preparação a um projeto posterior com planejamento detalhado.

Situação inicial do Projeto

A área rural de Toledo é caracterizada por alta concentração de granjas de suínos, aves e gado leiteiro; além disso, há vários frigoríficos instalados no município. Os resíduos resultantes, como esterco de suínos e resíduos de matadouros, representam problema crescente em termos de descarte.

O objetivo global do conceito é a construção de uma usina de bioenergia, especificamente para a utilização dos resíduos das unidades de produção de suínos, bovinos, localizadas nas comunidades do Rocio, Linha Boiko, linha São Valentin, da região sul das Comunidades do Xaxim e da Comunidade do distrito de Concórdia do Oeste, bem como a utilização de resíduos com concentração elevada de sólidos das agroindústrias, todas na cidade de Toledo, localidade com a maior concentração de produção de proteína animal do Brasil.

Parâmetros da planta e substratos

A planta de biogás planejada consiste nos seguintes componentes principais:

1. Em cada unidade de produção teremos um equipamento denominado separador de sólidos;
2. Rede coletora dos dejetos das unidades de produção dos suinocultores no raio da usina;
3. 2 (duas) lagoas de recepção dos dejetos líquidos das redes, seguido de bombeamento a usina;
4. Lagoa (recebimento de esterco suína) 8×10 $v = 295\text{m}^3$ $h = 3\text{m}$;
5. Lagoa (recebimento de esterco bovina) 8×10 $v = 295\text{m}^3$ $h = 3\text{m}$;
6. Biodigestores cstr e pós cstr;
7. Lagoa 62×80 $v = 28.825\text{m}^3$ $h = 8\text{m}$ (biodigestor de lagoa com aquecimento e agitadores);
8. Lagoa 30×80 $v = 12.700\text{m}^3$ $h = 8\text{m}$ (pós biodigestor de lagoa com aquecimento e agitadores);
9. Lagoa 55×90 $v = 30.975 \text{m}^3$ $h = 8\text{m}$ (para armazenamento de digestato após o tratamento químico);
10. Silo $25 \times 40 \times 3$ $v = 3.000\text{m}^3$;
11. Área de armazenamento de materiais sólidos – líquidos $19,7 \times 15,5\text{m}$;
12. Separadores de sólidos – filtro prensa;
13. Depósito para o lodo pós separador líquidos e sólidos – compostagem;
14. Carça da bomba – entre fermentadores e pós-fermentador;
15. Estação de tratamento químico do digestato – flotor¹⁶ – flare de biogás;

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

16. Recipiente de tecnologia e escritório contêiner com área social e escritório;
17. Sistema de aquecimento para o digestato;
18. Moto geradores com cabines e painéis elétricos;
19. Unidade de secagem e purificação do biogás;
20. Subestação copel – gd;
21. Sistema de trocador de calor e secagem do lodo pós-separação e tratamento do digestato.

Potencial total estimado dos resíduos 11.335.654 m³ ano ou 31.056,61 m³/dia ou 1294,02 m³/hora.

Os substratos acima estão estimados para uma produção mínima de 1.099 m³ de biogás por hora, considerando uma eficiência mínima de 85%, mas a estrutura está considerada para uma eficiência de 95%, o que permitirá uma produção estimada de 1.229,3 m³ de biogás/hora.

Tabela 4 – Projeção estimada de produção e do potencial da unidade

Produção de Biogás / com 95% disponibilidade 10.768,66 m ³ /a Biogás 1.229,3 m ³ Biogás/h
0,59 Methane 849 m ³ Methane/h Total 8.322 Full load hours 95%
Previsão estimada mínima de KWel hora 85% 2.430,81 KWel/hora Previsão estimada máxima de KWel hora 95% 2.716,75 KWel/hora
Previsão estimada mínima de KWel ano 85% 21.293.953 KWel/ano Previsão estimada máxima de KWel ano 95% 23.798.730 KWel/ano

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela AMBICOOP.

Sistema de separação (líquido e sólido) – descrição do processo

Em todas as unidades de produção, será instalado um equipamento denominado separador de sólidos, no qual será processado o dejetos logo após sua saída da unidade de produção. A fração sólida será retida num sistema de *bag* ou caçamba, para recolhimento em estrutura de caminhão uma ou duas vezes por semana. A fração líquida será encaminhada imediatamente e de forma contínua à rede coletora a ser instalada em toda a microrregião e conectada à rede coletora principal, conforme ilustração em anexo. É importante destacar que nesse sistema não teremos depósito de resíduos nas propriedades, o que permite melhorias significativas na qualidade de vida dos/as produtores/as e avanço ambiental expressivo na produção agropecuária.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 14 – Processo de separação da fração sólida e líquida nas unidades de produção



Foto: AMBICOOP

Rede coletora

A rede coletora é um sistema de transporte dos resíduos animais que faz a captação do resíduo e alimenta as unidades produtivas que converterão a matéria-prima em biogás. Uma grande rede de tubos transfere os resíduos de diferentes locais que trabalham com a criação de suínos, produzindo resíduos para um ponto de armazenamento ou uma instalação de processamento e produção de biogás.

Essa rede é composta de tubulações (tubos de aço, tubos de PEAD e tubulações de polímeros adequadas para dejetos animais) interligadas entre as unidades de produção de resíduo animal que operam com captação, bombeamento e descarga que asseguram que os resíduos continuem em movimento e alcancem a sua destinação final para armazenamento e processamento.

Esses dutos são artérias vitais para o transporte dos resíduos desde o ponto de origem até a usina de produção de biogás.

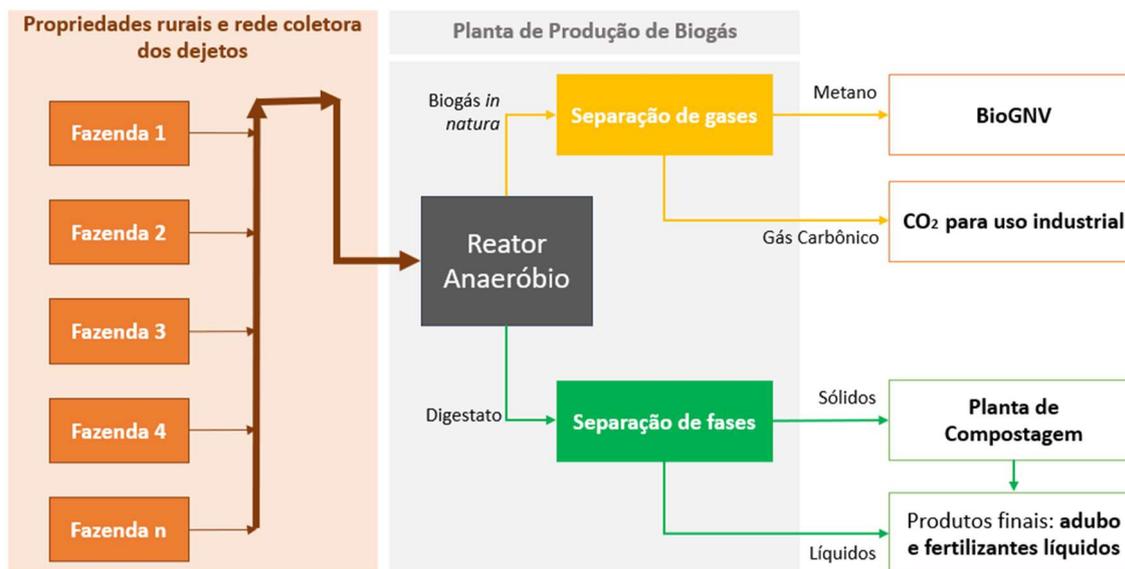
Com tubulação fechada, normalmente ramificada, que é utilizada para transportar os resíduos, a rede coletora unificada promove a movimentação e transporte do fluido de um lugar para outro através de um sistema de pressão.

Tem como principais vantagens o sistema tubular, a redução dos custos de transporte de líquidos – a médias e a longas distâncias – e a diminuição da poluição, pois os riscos de acidente e de derrame ou fuga são reduzidos.

Projeto: Sistemas de Energia do Futuro III

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 15 – Rede coletora dos efluentes das propriedades rurais para a planta de produção de biogás. É um elemento essencial para reduzir custos da captação dos resíduos, viabilizando o projeto da AMBICOOP



Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela AMBICOOP

Igualmente, através desse sistema de transporte, é impossível alterar o percurso ou parar durante o trajeto – o que significa maior rapidez de transporte dos efluentes rurais. Há uma entrega contínua da matéria-prima que traz mais eficiência e segurança à produção do biogás.

A rede coletora constitui também a forma menos perigosa, ou seja, mais segura de captar e transportar os resíduos das diversas fontes de origem e entregar a matéria-prima de modo contínuo na central de operações de produção de biogás.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 16 – Representação da malha da rede coletora dos dejetos líquidos das unidades de produção dos suinocultores e agroindústrias instaladas na microrregião do Rocio, em Toledo (linhas verde, vermelha e lilás). A rede coletora conecta os/as cooperados/as até a usina de bioenergia da AMBICOOP (unidade do Rocio)



Fonte: AMBICOOP

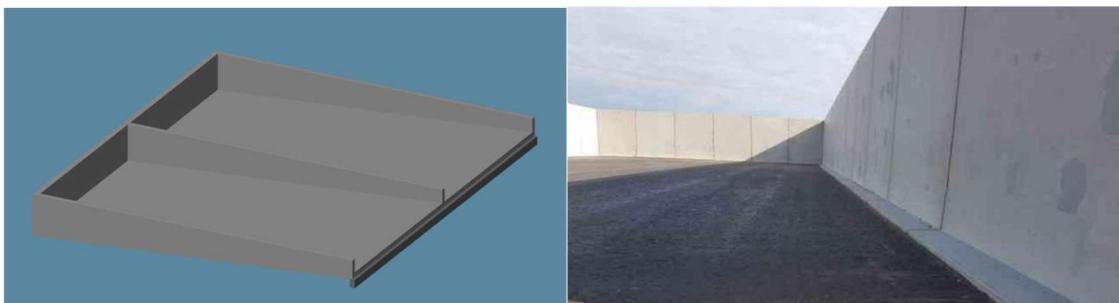
Unidade de armazenamento dos resíduos

Os resíduos orgânicos, (lodos, esterco de frango, rume, esterco sólidos de suínos e gado) serão recebidos e estocados em estruturas coletivas ou individuais dependendo dos produtos. A área de armazenamento é planejada diagonalmente ao solo, como pode ser visto na figura abaixo, de modo que o lodo com baixo teor de matéria seca possa ser armazenado com segurança. Conforme demanda, estes serão automaticamente preparados e encaminhados para o dosador de sólidos ou diretamente para os biodigestores CSTR.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 17 – Exemplo do local de armazenamento dos resíduos na usina de bioenergia da AMBICOOP (unidade do Rocio). Local para estocagem de material sólido (esquerda) e sistema de silo (direita)



Fonte: AMBICOOP

O esterco líquido será recebido nas lagoas primárias fora da área da usina, próximo ao rio São Francisco, e em seguida bombeado até a unidade de processamento; outra fração virá também pela rede submersa na faixa de domínio do DER da PR-317, pelas redes de bombeamento, através de bombeamento individual instalado em cada propriedade; parte dessa fração líquida será utilizada na proporção necessária para a diluição nos CSTR, e o restante será lançado no biodigestor de lagoa, conforme imagens do *layout* abaixo.

Figura 18 – Exemplo de planta com reatores CSTR

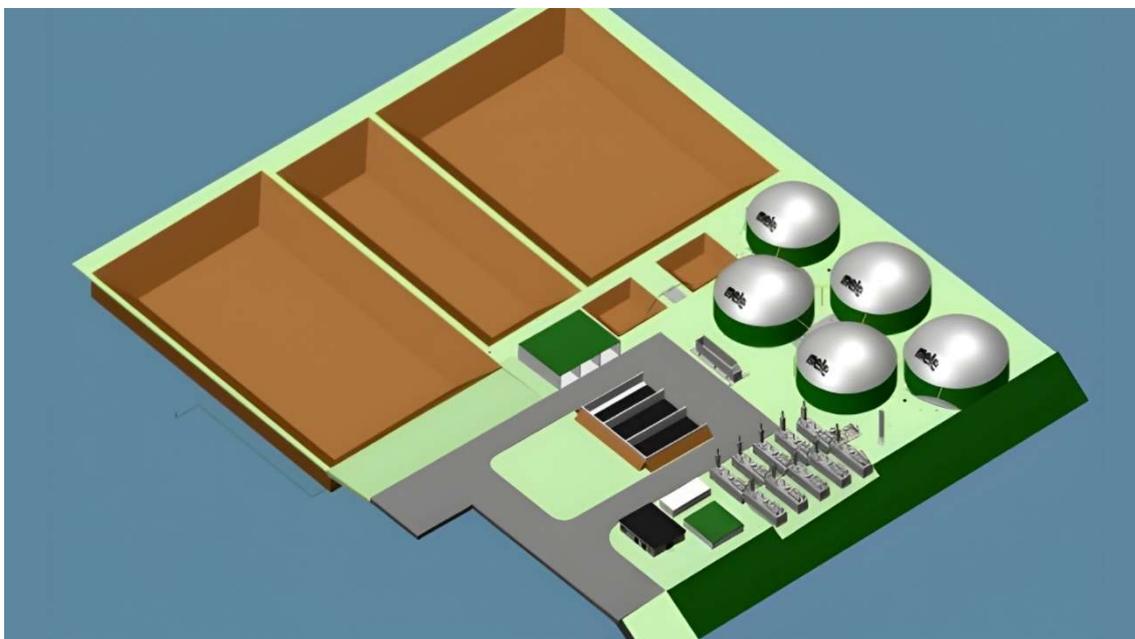


Fonte: AMBICOOP

Projeto: Sistemas de Energia do Futuro III

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 19 – Layout da usina de bioenergia da AMBICOOP (unidade do Rocio)



Fonte: AMBICOOP (ilustração dos 5 reatores CSTR e os 10 motogeradores)

Na figura a seguir, um exemplo de lagoa estanque ao gás com cobertura flutuante e agitadores, que será construída de forma comparável na usina do Rocio.

Figura 20 – Tanque para tratamento e armazenamento do digestato



Fonte: AMBICOOP

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Os substratos sólidos secos serão alimentados durante a digestão anaeróbia por meio de unidades de dosagem com um carregador frontal.

Na figura a seguir, um trator com pá carregadeira e a unidade de alimentação de substratos sólidos secos para o reator anaeróbio.

Figura 21 – Detalhe do sistema de alimentação e operação com trator pá carregadeira



Fonte: AMBICOOP

Esse sólido é bombeado ciclicamente do alimentador para os dois fermentadores, o que alimenta um fluxo de líquido na bomba de garganta, que está localizada sob o dispositivo de dosagem.

No ponto de descarga da unidade de mistura e dosagem, o material a ser transportado é transferido diretamente para o funil (“carcaça da garganta”) de uma bomba misturadora a jusante, conforme ilustração a seguir:

Figura 22 – Detalhe do equipamento dosador de sólidos



Fonte: AMBICOOP

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Uma mistura inicial com líquido (substrato do fermentador ou chorume de lagoas) ocorre na bomba de garganta. A mistura é então transportada para o tanque seguinte. A taxa de entrega é de cerca de 40 a 80 m³/h. Dispositivos apropriados de fechamento e controle permitem que a média líquida seja transportada em todas as quantidades e direções desejadas. O líquido é fornecido por meio de uma bomba central entre os fermentadores ou por meio de uma bomba localizada entre as lagoas receptoras de lama. E assim, dependendo da quantidade de substrato introduzido nos digestores, a quantidade equivalente de substrato de fermentação é bombeada para o fermentador secundário.

Nos fermentadores, a matéria orgânica de diferentes substratos é misturada e homogeneizada com a ajuda de agitadores. O processo de fermentação ocorre em condições anaeróbicas, ou seja, sem fornecimento de ar ou oxigênio. Para manter o processo de biogás estável, os fermentadores devem ser aquecidos a fim de garantir uma temperatura uniforme de cerca de 40 °C nos fermentadores e no fermentador secundário, que têm volume bruto de 3.600 m³ cada um. O tempo de retenção na seção de fermentação é de cerca de 45-50 dias (dependendo do conteúdo energético dos materiais de entrada), o que garante alto nível de degradação dos componentes orgânicos do substrato.

O biodigestor CSTR é fechado, à prova de gás e conectados ao sistema de gás da planta de biogás. A sua cobertura é constituída por uma folha de forma esférica sobre pilar de suporte e sustenta o mancal de gás, que consiste em membranas internas e externas de tecido revestido de PVC, sendo a membrana externa suportada por soprador de ar. O armazenamento de gás compensa flutuações no processo de biogás. O “pós” bio CSTR e os biodigestores de lagoa serão equipados com agitadores e aquecimento, e o gás proveniente do processo seguirá para o sistema de biogás da unidade.

Figura 23 – Detalhe do biodigestor CSTR estrutura interna e externa



Fonte: AMBICOOP

O fermentador e o pós-fermentador são equipados com homogeneizadores (bomba e / ou agitadores axiais) para a agitação regular do substrato de fermentação.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

O biogás recuperado é temporariamente armazenado em um depósito de gás. Os fermentadores e o pós-fermentador possuem dispositivo de segurança contra alta e baixa pressão, além de sensores de temperatura e vidros de inspeção para monitoramento do processo. Por meio de um indicador de nível no reservatório de gás, o nível de gás é imediatamente aparente.

O material fermentado passará novamente por um processo de separação mecânica, permitindo neste a separação da fração sólida da líquida. Por meio desse processo de separação sólido-líquido, será possível a redução de carga orgânica, resultando num material com teor de matéria seca em torno de 25 a 35 %. Essa fase sólida prensada é coletada no depósito de lodo e transportada para o processo de secagem, sendo utilizada como fertilizante orgânico em pó ou granulado pelos cooperados ou podendo ainda ser um produto de comercialização pela cooperativa.

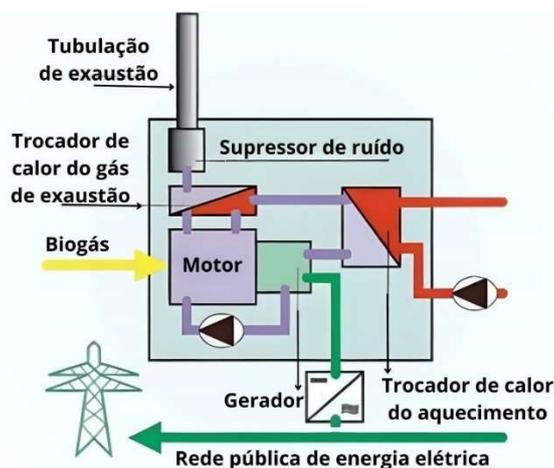
Descrição do processo mesofílico

O processo de biogás ocorre preferencialmente na faixa de temperatura mesofílica de cerca de 38-40 °C. A vantagem da condução mesofílica é uma produção constante de biogás. Todo o substrato no interior dos tanques permanecerá em temperatura constante de 38-40 °C durante os 365 dias do ano. A produção do calor necessário para o aquecimento dos digestores é realizada a partir do sistema de aquecimento com instalação dos trocadores de calor nos motogeradores, recuperando dessa forma a energia térmica do gás com o aproveitamento térmico no processo de biodigestão.

4.5 Utilização de biogás

A cogeração (CHP, sigla do inglês *combined heat and power*) é a geração simultânea de eletricidade e calor. Além do motor de combustão e do gerador compatível, o módulo de cogeração é composto de trocadores de calor para a recuperação da energia térmica do gás de combustão, circuito de arrefecimento e óleo lubrificante, dispositivos hidráulicos para a distribuição de calor e dispositivos elétricos de controle e comutação para distribuir a energia e controlar a usina.

Figura 24 – Fluxograma do processo de cogeração



Fonte: AMBICOOP

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

O uso de biogás em cogeneradores exige que determinadas condições básicas sejam observadas e satisfeitas. Além da operação em si, também é necessário observar os intervalos de manutenção e os requisitos do local de instalação do motor de cogeração.

Figura 25 – Instalação em série de motogeradores a biogás (sistema modular em contêiner)



Fonte: AMBICOOP

A quantidade total de biogás – ou seja, aproximadamente 1.229,3 m³ de biogás/hora – será utilizada para cogeração, aquecimento e secagem do composto orgânico resultante do tratamento final do digestato.

Com o uso total do biogás na cogeração, a planta poderia chegar a uma capacidade elétrica mínima estimada de 2.430,81 kWel hora, sendo necessário para essa geração dez motores; porém, nessa primeira etapa, estão previstos cinco motores que serão instalados diretamente ao lado da usina de biogás, e esse número de motores será ampliado conforme demanda e autorização dos órgãos de controle. O excedente de biogás será utilizado nas agroindústrias próximas em substituição do GLP. Para evitar emissões em caso de desligamento do sistema, está prevista a instalação de um segundo dispositivo de consumo de gás na forma do referido *flare* de emergência. Esse *flare* de gás é um dispositivo de segurança que queima o biogás se o tanque de armazenamento de gás estiver cheio e o CHP estiver fora de serviço com a produção ideal de gás. O flare de gás é controlado de forma que queime com segurança o excesso de biogás antes que os dispositivos de segurança contra sobrepessão e subpressão sejam acionados. Os dispositivos de segurança contra sobrepessão e subpressão são montados em cada recipiente como um dispositivo mecânico de segurança.

Nessa primeira etapa, a unidade de grupo-geradores tem uma potência elétrica de aproximadamente 5 x 250 kWel. O sistema de controle de gás, com um aumento de pressão de gás, também está alojado no recipiente de grupo-geradores.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 26 – Motogerador a biogás OC13 Scania



Fonte: AMBICOOP

O monitoramento da usina e da entrada do substrato é feito no do escritório. Nesse edifício há vários cômodos, como a sala de conexão da casa, sala de despacho, área social com vestiário, lavatório, chuveiro e banheiro. O edifício é abastecido com eletricidade, telefone e água potável e está conectado à rede pública de esgoto. A água poluída da chuva entre o silo e o dosador é coletada em um eixo e alimentada na usina de biogás para que nenhuma água poluída entre na superfície.

O fornecimento de calor e o controle da usina de biogás são realizados através do sistema de recipientes técnicos de 40 pés. O sistema é equipado com uma unidade central de controle. Todos os dados essenciais do sistema são monitorados. Além disso, o fornecimento automático dos materiais de entrada na seção de fermentação, o controle de nível e temperatura nos tanques e o registro da quantidade e qualidade do gás são as tarefas do sistema de controle. Os componentes do biogás são equipados com sensores relevantes para a garantir a segurança de um processo de biogás seguro e estável.

O projeto proposto permitirá além do ganho energético, ganhos com a prestação de serviços de tratamento de resíduos às agroindústrias da região, ganhos na comercialização de Créditos de Carbono e na comercialização do composto orgânico o qual será processado e industrializado para servir como fertilizante agrícola.

O sequestro do biogás e a sua utilização na cogeração ou como biometano, reduzirão as emissões de metano cujo potencial de poluição é 22 vezes maior que o do CO₂, implementando nova receita – o crédito de carbono, que pode ser comercializado no mercado nacional ou internacional como tonelada de CO₂ evitado.

De acordo com o conceito destacado na Wikipédia, “o gás metano (CH₄) é produzido pela decomposição da matéria orgânica. É abundante em aterros sanitários, lixões e reservatórios de hidrelétricas, também pela criação de gado (a pecuária representa 16% das emissões mundiais de gases de efeito estufa). Também é resultado da produção e distribuição de combustíveis fósseis (gás, petróleo e carvão). Se

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

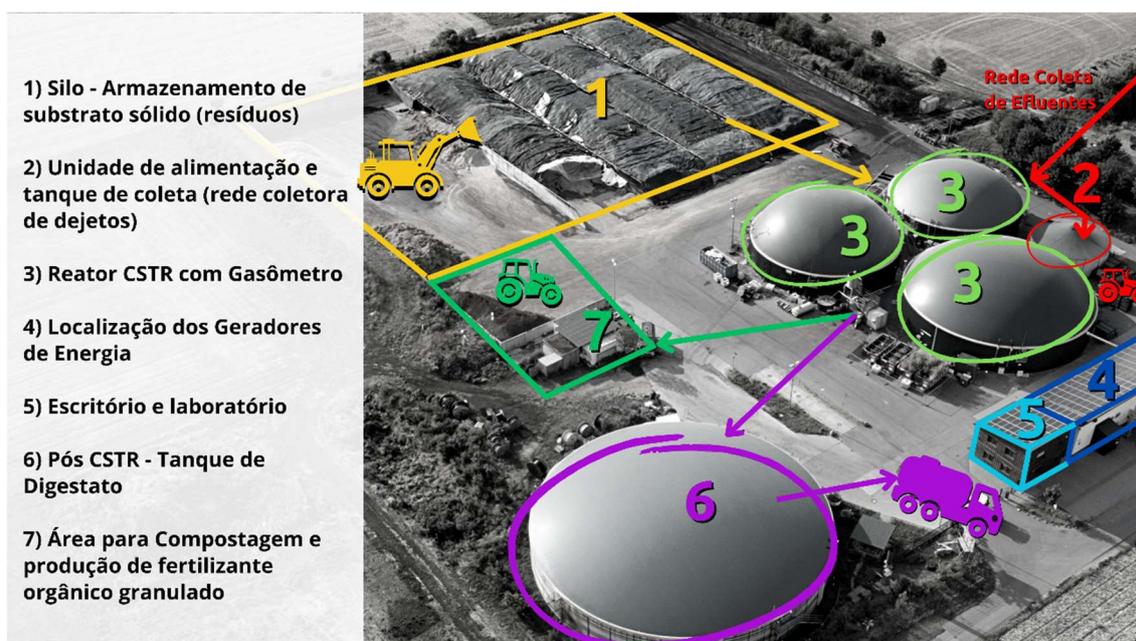
Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

comparado ao CO₂, também é mais perigoso: o metano é mais eficiente na captura de radiação do que o CO₂. O impacto comparativo de CH₄ sobre a mudança climática é mais de 20 vezes maior do que o CO₂, isto é, 1 unidade de metano equivale a mais de 20 unidades de CO₂”.

4.6 Fluxograma do Processo da Usina e Tratamento do Digestato e descrição da Unidade de biodigestão do Rocio

A Figura 27 demonstra o fluxograma da unidade de biodigestão do Rocio.

Figura 27 – Fluxograma da Unidade de Bioenergia da AMBICOOP



Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela AMBICOOP

Explicando o fluxograma da planta de bioenergia e unidade de compostagem:

- Os dejetos líquidos e lodos da atividade agropecuária serão recebidos nas lagoas internas, representados na Figura 27 pelo local de chegada das linhas vermelhas;
- Os resíduos de biomassa seca e de esterco de frango seco serão recebidos e acondicionados no silo, representados pela área amarela;
- Os lodos mais concentrados de matéria orgânica serão recebidos e acondicionados no silo 02; os dois silos mencionados são revestidos de pisos impermeabilizados, e todo o resíduo líquido é canalizado em sistema de drenagem diretamente para as lagoas de recepção de líquidos;

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

- Após seu recebimento, os resíduos serão misturados num processo de automação através de dutos específicos e injetados nos biodigestores CSTR, representados pelo número 3 (verde); em seguida, o digestato seguirá para as estruturas de pós-biodigestores, tanque representado pelo nº 6 (lilás);
- Após o processo de biodigestão, o digestato irá para a estação de decantação e separação, o lodo resultante será armazenado em local próprio, e a parte líquida resultante será encaminhada para a lagoa de digestato tratado; daí será utilizado nas propriedades dos/as produtores/as como biofertilizante líquido;
- O biogás gerado no processo de biodigestão será purificado, retirando deste umidade e o H_2S ; em seguida o biogás será utilizado nos motogeradores (localizados no ponto representado pelo nº 4 (azul), a energia gerada no sistema será injetada na rede através do transformado com conexão; por razões de segurança, o biogás que necessite ser eliminado por motivos mecânicos ou impossibilidade de sua utilização na cogeração será queimado no flare; da mesma forma, o digestato será aquecido em temperaturas permanentes e contínuas de 38 a 40 °C através do sistema de trocador de calor, ou seja, com o aproveitamento do calor do bloco dos motores – água quente;
- Todo o sistema terá plena automação com central de automação e controle de tecnologia prevista, no local em que todo o sistema estará conectado via sistema com controladores e operadores na Alemanha;
- O digestato, após a biodigestão, será estabilizado e decantado, nos tanques, permitindo que nessa fase haja uma redução do teor de matéria orgânica no líquido a ser encaminhado no tratamento químico via flotador, e o lodo resultante dos processos anteriores será prensado no sistema para redução de sua umidade. O digestato líquido com baixa carga orgânica – mas com residual de NPK – será armazenado em tanque adequado e, posteriormente, será destinado ao processo de fertirrigação e produção de biomassa, retornando e sendo armazenado no silo; o lodo prensado será depositado numa primeira fase no tanque de lodo e, na sequência, receberá a mistura de resíduos verdes depositados no silo e dos materiais estruturantes constantes no silo, sendo depositados nos box e permanecendo nestes por 21 dias, removidos na sequência para os box 2 por mais 21 dias; após este período, o lodo ficará em ambiente aberto sobre piso para sua maturação até ser processado na unidade de industrialização, tornando-se a partir de então fertilizante orgânico granulado para sua utilização como fertilizante de solo no plantio de safras de grãos;
- A usina está planejada num conceito modular, o que permite a sua ampliação conforme ampliação e crescimento da cadeia de produção de proteína animal nas unidades de produção no entorno da **usina na região do Rocio**, proporcionando desse modo tratamento também dos dejetos na ampliação da produção.

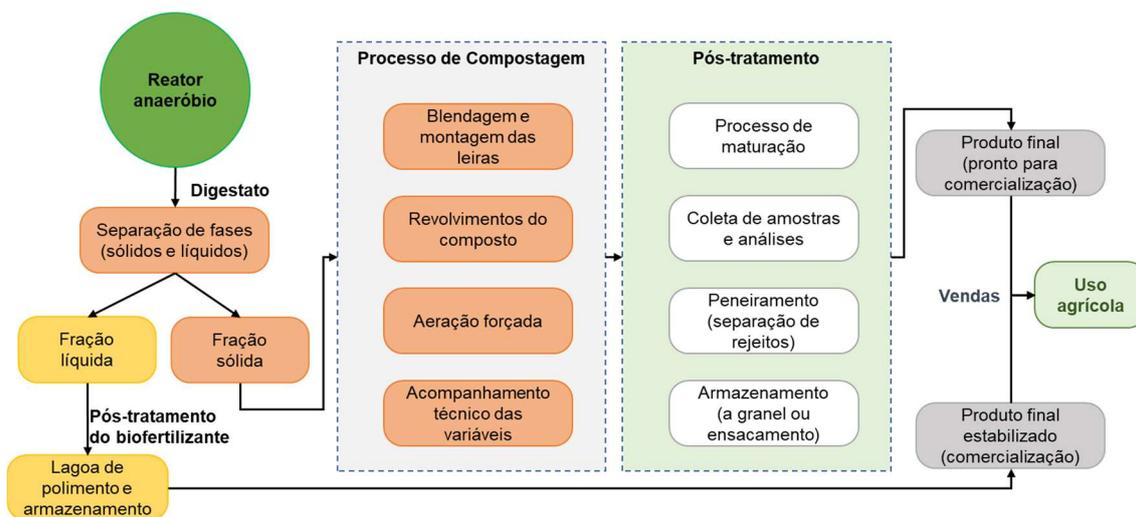
Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Fluxograma da planta de compostagem

No fluxograma a seguir (Figura 28), são demonstradas as fases do processo de compostagem do sistema sugerido.

Figura 28 – Fluxograma da Unidade de Compostagem – Rocio, Toledo



Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela AMBICOOP

Tratamento do Digestato

- **Separador de sólidos** – O material fermentado passará novamente por um processo de separação mecânica, permitindo neste a separação da fração sólida da líquida, conforme ilustração abaixo. Por meio desse processo mecânico de separação sólido-líquido, será possível a redução de carga orgânica, resultando num material com teor de matéria seca em torno de 25 a 35 %. Essa fase sólida prensada é coletada no depósito de lodo e será transportada para o processo de secagem, podendo ser comercializada como fertilizante orgânico em pó, granulado ou peletizado. Abaixo anexamos imagens de como ocorre a separação mecânica e como fica visualmente a parte orgânica.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 29 – Processo de separação mecânica – separação de sólidos em filtro prensa



Fonte: AMBICOOP

- **Lagoas de decantação e compostagem** – Após o digestato passar pelo processo dos filtros prensas, a remoção de água remanescente do lodo ocorrerá nas leiras estáticas de compostagem, com sistema de indução de ar forçado positivo e com cobertura por geomembrana semipermeável.

Figura 30 – Processo de desidratação do lodo e compostagem



Fonte: AMBICOOP

- **Tratamento Químico – Polímeros** – A fase líquida será destinada às lagoas de decantação, onde permanecerá estático por até três dias, com a retirada da fração superior, que poderá ser encaminhada para o processo de tratamento químico ou diretamente para as lagoas de aguapé. O lodo decantado será sugado e processado no separador de sólidos, que, após esse processo, poderá ser destinado a leitos de secagem coberta para secagem complementar; nessa etapa, resíduos da poda de arborização urbana, varrição da rua e corte de grama

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

de áreas públicas podem ser incorporados ao substrato no processo de compostagem.

No processo químico, será adicionado o substrato polímero para coagulação da carga orgânica, utilizando-se o flotador como equipamento. O lodo resultante retornará para o separador de sólidos e será prensado, retirando-se o excesso de umidade. A fase líquida com porcentagem mínima de carga orgânica será armazenada em lagoa do digestato tratado e, em seguida, será bombeada para as lagoas de aguapé ou de microalgas.

Figura 31 – Flotador – tratamento com polímeros para a retirada da carga orgânica



Fonte: AMBICOOP

- **Extração de nutrientes por microalgas e aguapé – sugestão para etapas futuras** – O material líquido resultante das etapas anteriores, embora com resumida carga orgânica, ainda tem uma carga nutritiva de NPK e outros nutrientes. Pode-se utilizar o material líquido do digestato, na produção de microalgas ou aguapé, que, através da absorção de nutrientes presentes no digestato, produzirão grandes quantidades de biomassa que poderão ser trituradas e retornar aos biodigestores ou ser utilizadas na alimentação animal.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Figura 32 – Extração de nutrientes por microalgas e aguapé



Fonte: AMBICOOP

- **Fertirrigação – processo para implementação imediata na disposição do digestato** – A fim de estabelecer um conceito pleno de economia circular, sugerimos que todo o material líquido seja utilizado no processo de fertirrigação e produção de biomassa.

Figura 33 – Digestato tratado bombeado como retorno da usina e sendo utilizado como fertirrigação para produção de biomassa ou produção de grãos



Fonte: AMBICOOP

- **Redução da Umidade do lodo** – O lodo retirado através do processo filtro prensa, flutador, leitos de desidratação, é uma boa fonte de renda para a usina, mas, para ter valor de mercado, essa matéria orgânica precisa ser processada de forma adequada, com baixa umidade em sua composição. Preferencialmente esse produto deve ser peletizado ou granulado, adicionando-se a ele calcário, gesso ou outros nutrientes. Uma solução apresentada a seguir é a compostagem

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

desse material. Atualmente há uma escassez muito acentuada de fertilizantes agrícolas, e com preços elevados. A transformação dessa massa orgânica em fertilizantes granulados é sem dúvida excelente estratégia para reduzir a dependência de fertilizantes importados, reduzir os custos de produção e implementar da mesma forma o conceito da produção sustentável de grãos. O sistema de compostagem em leiras estáticas com indução de ar positiva nas leiras permitirá qualidade no substrato e sua utilização como matéria-prima de grande valor nutricional e econômico na formulação do fertilizante de solo, para uso dos/as cooperados/as e comercialização a preço de mercado do excedente.

A secagem do lodo pode ser feita de forma natural, através dos leitos de secagem, compostagem ou ainda mecanicamente através da utilização de equipamentos ou secadores através do uso de calor térmico dos motores de cogeração da planta.

Figura 34 – Sistemas de secagem do lodo em processo de compostagem



Foto: AMBICOOP

- **Compostagem – descrição do processo** – O lodo (25% de matéria seca e densidade de 1 tonelada/m³) é descarregado na área de processamento.

Os resíduos verdes (poda) ou material de estrutura são também descarregados nessa área e triturados, usando-se um triturador de alta velocidade ou similar. Depois, os fluxos de resíduos serão misturados junto com o *oversize* da fase de afino depois da compostagem. Estimamos a densidade a granel da mistura de 710 kg/m³.

As unidades de compostagem são carregadas usando-se uma pá carregadeira de rodas. Cada unidade de compostagem é coberta com uma membrana semipermeável e respirável. Após finalização do enchimento da leira estática, a unidade é fechada, e o período de compostagem intensivo começa. Durante esse período, há controle total da aeração dentro dos módulos de compostagem. Isso é monitorado de perto pelas sondas de temperatura e pelo sistema de

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

computadores para garantir o desenvolvimento de temperatura e higienização dos resíduos.

A aeração positiva, em combinação com a cobertura de membrana semipermeável, garante que não haja excesso de umidade no material de compostagem e que, portanto, haja menos água lixiviada para ser descartada. O processo de aeração significa que há um fluxo de água através do material de compostagem até sua superfície, o que reduz ainda mais a quantidade de água de chorume. Depois das três primeiras semanas de etapa intensiva, os resíduos serão trasladados a outros módulos onde começará a etapa de maturação por outro período de três semanas; sendo assim, o tempo total de processo de seis semanas baixo membrana.

Figura 35 – Sistemas de compostagem e biossecagem com mantas de cobertura semipermeável Gore® HeapCover



Fotos: AMBICOOP

Capítulo V

PONTOS DE MELHORIA, BOAS PRÁTICAS E PLANO DE AÇÃO PARA CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO

5.1 Como o modelo de negócios / modelo técnico pode ser melhorado?

Existem diversas formas de melhorar o modelo de negócio da planta de produção de biogás. Algumas delas incluem:

- Monitoramento constante dos dados econômicos do mercado que podem afetar o planejamento econômico e financeiro da planta. Estruturar uma base de dados robusta que gere indicadores essenciais para tomada de decisões;
- Plano de otimização da eficiência operacional, a partir de investimentos em tecnologias e equipamentos de última geração para melhorar a eficiência operacional e reduzir custos;
- Expansão da capacidade de produção é ponto para aumentar a receita e melhorar a escalabilidade do negócio;
- Diversificação da matéria-prima (operar com resíduos variados) para produzir biogás, a fim de tornar o negócio menos vulnerável à variação na disponibilidade de uma fonte específica de matéria-prima;
- Desenvolvimento de parcerias estratégicas com outras empresas para compartilhar recursos e *expertise*, aumentar a eficiência e reduzir custos e reduzir os riscos;
- Investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação para fomentar novas tecnologias e processos que possam melhorar a eficiência e a rentabilidade do negócio;
- Ampliação da gama de produtos e serviços, além do biogás, biometano, CO₂, hidrogênio, adubo e fertilizantes líquidos, é possível oferecer serviços relacionados a análises de caracterização de substratos para terceiros, atividades de treinamento e capacitação, visitas técnicas guiadas, serviços ambientais, entre outras possibilidades.

5.2 Identificar boas práticas que poderiam ser replicadas em outros projetos

O Projeto Biogás de Toledo, da Usina Biogás do Rocio, é um projeto-piloto que produzirá biogás e biofertilizantes para fertirrigação. Além disso, produzirá energia elétrica para consumo próprio e injeção na rede de distribuição.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Trata-se, portanto, de um projeto inovador e pioneiro não só para o estado do Paraná como também para todo o Brasil, porque reúne conceitos bastante atrativos e de alta eficiência, a começar pelo modelo jurídico adotado, que promove a união de produtores/as da suinocultura local no formato de associação e cooperação, através da cooperativa AMBICOOP, para o compartilhamento de resíduos de suas unidades produtoras para a produção de bens comuns como o biogás, biofertilizantes e energia elétrica. Esse modelo contribui enormemente para atingir os resultados esperados, já que une esforços coletivos com o único propósito de redução de custos e retorno financeiro, assim como a mitigação de impactos ambientais com a redução expressiva da destinação de resíduos para locais inadequados e contando com seu aproveitamento energético. O projeto também contará com tecnologias alemãs de alta qualidade e eficiência comprovadas para a obtenção de biogás e seus derivados com alta qualidade.

O projeto-piloto do Rocio em Toledo também será otimizado por uma rede coletora de resíduos por meio de tubulações que farão a captação dos resíduos de diversas fazendas produtivas e os transportará para a central de produção de biogás e energia elétrica. Isso tornará o processo de captação, transferência e descarga da matéria-prima mais eficiente e seguro, além de reduzir os custos de transporte.

O modelo de agricultura familiar adotado pelo projeto também é uma inovação e um pioneirismo do projeto, porque contempla a integração da família nos trabalhos administrativos e operacionais nas unidades de produção, trazendo vários benefícios para a renda familiar e a inclusão de gênero com a participação da mulher nos trabalhos, assim como garantindo a sustentabilidade dos negócios.

O projeto-piloto do Rocio também está despertando na região o interesse de vários municípios envolvidos que, juntos, ampliarão a produção de biogás na região e no estado do Paraná, construindo uma central de operações única, ainda mais ampla, que terá como meta a produção de derivados do biogás, como o hidrogênio verde para uso local e exportação a Alemanha.

As inovações e o pioneirismo desse negócio é alvo de transparência e desperta interesses de aplicação desse mesmo modelo em outras diversas regiões do Brasil, por fortalecer os laços de cooperação com a Alemanha, país que investe e promove a produção de aproveitamento energético de resíduos em todo o mundo e contribui fortemente para o desenvolvimento de nosso país.

5.3 Plano de ação para a operação da usina

O plano de operação planejado para a usina contempla a captação, o transporte via rede coletora, o recebimento de matéria-prima oriunda de produtores/as de dejetos, o armazenamento, a transferência do material para o biodigestor, a produção de biogás, a remoção do digestato, a conversão do biogás em energia elétrica por meio dos motores geradores e a utilização do digestato para a fertirrigação.

É muito importante operar da forma contínua para melhor aproveitamento do processo de conversão, e para isso é necessário garantir o abastecimento de matéria-prima e todos os equipamentos com ótima manutenção de modo a garantir a eficácia do processo, o rendimento adequado e a lucratividade esperada.

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

É também fundamental observar e aplicar as regras de segurança de processos e segurança dos trabalhadores para confiar uma operação segura para todas as pessoas envolvidas nas operações das plantas de biogás.

5.4 Tempo de operação

A planta de biogás é operada continuamente ao longo do ano. Os tempos de operação de cada componente individual do sistema são os seguintes: **fermentador e pós-fermentador**.

O fermentador e o pós-fermentador funcionam continuamente, sem interrupções, 365 dias por ano. Os agitadores Rüh nos tanques trabalham cerca de 24 vezes ao dia por cerca de 0,25 h. A mistura no tanque funciona conforme necessidade e programação definida.

5.5 Operação pretendida

Uma usina de biogás é uma combinação complicada de biologia e tecnologia. O bom funcionamento é alcançado quando a usina trabalha com cerca de 80% da produção de biogás ou o desempenho da usina é operado continuamente. Para isso, um período de vários meses precisa ser planejado. Durante o *start-up* do fermentador, geralmente ocorrem flutuações na produção de biogás e, portanto, no desempenho da planta.

Em operação normal, o sistema funciona amplamente automatizado. O operador é responsável principalmente pelo monitoramento e pelo controle da planta.

As seguintes recomendações para monitoramento e controle são listadas a seguir:

Tarefas de controle diário

- Controle de sistemas de tubulação;
- Monitoramento de temperatura;
- Volume de gás gerado;
- Verificação funcional da tecnologia do agitador em tanques e repositórios;
- Verificação funcional da tecnologia de bomba em tanques e repositórios;
- Verificação funcional da tecnologia de injeção de sólidos quando houver;
- Controle de *pooling* e espuma no fermentador;
- Verificação funcional e quantidade de dosagem de ar para dessulfuração;
- Verificação funcional da proteção de sub / sobrepressão nos recipientes;
- Controle da sala de instalação do chp;
- Controle de chp – condições de operação;
- Óleo de motor de controle de nível de óleo;
- Verificação funcional de gás e tecnologia de segurança;
- Outras tarefas de acordo com as especificações do fabricante de máquinas e equipamentos.

Tarefas semanais

- Função das válvulas solenoides de gás na linha de segurança de gás;
- Análise da composição do gás, mais frequente, se necessário;

Projeto: **Sistemas de Energia do Futuro III**

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

- ☑ Bandeja de condensado de controle de nível;
- ☑ Pressão da água no sistema de aquecimento;
- ☑ pH no substrato de fermentação;
- ☑ Outras tarefas de acordo com as especificações do fabricante de máquinas e equipamentos.

Tarefas mensais

- ☑ Controle da bateria de partida do CHP em condição e função;
- ☑ Qualidade do dejetos (equivalente de ácido acético, teor de matéria seca);
- ☑ Outras tarefas de acordo com as especificações do fabricante de máquinas e equipamentos.

Tarefas anuais

- ☑ Funcionamento suave das válvulas de gaveta;
- ☑ Verificar a linha de gás quanto a danos, vazamentos e corrosão;
- ☑ Remoção de depósitos na linha de gás;
- ☑ Válvulas de verificação para condição, função e depósitos;
- ☑ Controle dos níveis de óleo nas caixas de câmbio;
- ☑ Verificar os misturadores submersíveis nos tanques com dispositivo de ajuste para condição e função;
- ☑ Verificar as bombas submersíveis nos tanques com dispositivo de ajuste para condição e função;
- ☑ Outras tarefas de acordo com as especificações do fabricante de máquinas e equipamentos;
- ☑ Monitoramento de acordo com os requisitos de aprovação; observar as distâncias anuais se necessário.

Capítulo VI

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo de caso teve a intenção de conceder pleno conhecimento do empreendimento em curso na cidade de Toledo (PR) que se destina à produção de Biogás, utilizando dejetos animais provenientes da suinocultura da região e, conseqüentemente, produzindo eletricidade para uso próprio de produtores/as e para distribuição do excedente na rede local.

O projeto em questão trouxe também informações sobre a utilização do digestato como biofertilizante que será empregado na agricultura local.

O propósito deste trabalho é dar conhecimento a pessoas interessadas sobre detalhes sobre o Projeto Biogás de Toledo na intenção de fornecer subsídios e informações que possam orientar investidores/as e produtores/as de outras regiões do país, replicando os conceitos que são utilizados e considerados nesse negócio.

Entende-se que a replicação é perfeitamente possível, sempre considerando as particularidades locais.

Os principais benefícios desse negócio que pode ser replicado são a eliminação ou a redução de passivos ambientais ocasionados por resíduos da produção da pecuária além de produzir energia térmica e elétrica de fonte limpa e renovável.

O cronograma básico de implantação do Projeto que está sendo considerado no momento é o seguinte:

- Março de 2023 – finalização da compra da área de terra local de implantação da central de produção;
- Abril de 2023 – encaminhamento da documentação para aprovação de financiamento junto ao brde;
- Junho de 2023 – início de obras de construção da usina;
- Maio de 2024 – início de operação.

Segundo a AMBICOOP e a diretoria do Projeto, as informações e conteúdos apresentados em nossos trabalhos – e que estão sendo compartilhados – têm contribuído muito no desenvolvimento e no aperfeiçoamento do projeto quanto a tecnologias utilizadas, processos de produção do biogás e biofertilizantes, sistemas de transporte, modelos de negócios aplicáveis e adotados pelo projeto e modelos jurídicos ideais que foram instituídos no planejamento e execução do projeto da obra, visando melhor produtividade e rentabilidade para o negócio dos/as produtores/as da suinocultura da região.

No estágio atual do projeto, o CAPEX está sendo atualizado, pois, em virtude das recentes tratativas e contratos referentes ao projeto da Unidade de Produção do Rocio – considerada piloto –, essa despesa passou por adequações, haja vista que o

Projeto: Sistemas de Energia do Futuro III

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

projeto-piloto está sendo dimensionado e deverá tratar a totalidade do passivo da região independentemente do potencial metanogênico dos substratos, pois o foco é tratar primeiramente todos os passivos disponíveis. Nesse sentido pequenas correções no dimensionamento estão sendo realizadas e finalizadas, além do que, a unidade da fábrica de biofertilizante também está sendo planejada e adequada para atender à demanda de novas centrais a serem construídas a partir de 2025 no município. Nesse sentido a usina passou recentemente por um planejamento mais robusto e refinado dos equipamentos previstos e do modo operacional, para que ela possa operar, se necessário, em três turnos, reduzindo-se os custos totais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBICOOP – Cooperativa de Geração de Energias Sustentáveis e Saneamento Rural. **Ata da Assembleia Geral Extraordinária da AMBICOOP e Estatuto da AMBICOOP**. Comunidade do Rocio, em Toledo (PR), 2021.

AMBICOOP – Cooperativa de Geração de Energias Sustentáveis e Saneamento Rural. **Relatório Técnico Ecosecurities: Análise de Viabilidade. Créditos de Carbono. Manejo de efluentes e bioenergia**. Comunidade do Rocio, em Toledo (PR), 2022.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. BERNES, Beatriz Arnold; SCHNICKE, Heinz-Peter; BOMBONATTI, Patrícia. **Anteprojeto de uma usina de pesquisa e capacitação em biogás / Probiogás**; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ). Brasília: Ministério das Cidades, 2015. ISBN 978-85-7958-053-6.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. BERNES, Beatriz Arnold; SCHNICKE, Heinz-Peter; BOMBONATTI, Patrícia. **Avaliação de opções para o tratamento de efluentes da produção de biogás / Probiogás**; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ). Brasília: Ministério das Cidades, 2015. ISBN 978-85-7958-055-0.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. ROSENFELDT, Sebastian et al. **Análise da viabilidade técnico-econômica de produção de energia elétrica em ETEs no Brasil a partir do biogás / Probiogás**; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) – Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2016. ISBN 978-85-7958-061-1.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. SCHNICKE, Heinz-Peter **Comercialização de subprodutos de uma planta de biogás / Probiogás**; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) – Brasília: Ministério das Cidades, 2015. ISBN 978-85-7958-054-3.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. THIEME, Elisa et al. **Catálogo de tecnologias e empresas de biogás / Probiogás**; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für

Projeto: Sistemas de Energia do Futuro III

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) – Brasília: Ministério das Cidades, 2015. ISBN 978-85-7958-038-3.

COELHO, Suani Teixeira et al. **Tecnologias de produção e uso de biogás e biometano**: Part. I Biogás; Part. II Biometano. São Paulo: IEE-USP, 2018. ISBN: 978-85-86923-53-1.

INSTITUTO 17. **Biogás no Brasil**: Análise de modelos de negócio para o desenvolvimento sustentável. Programa de Energia para o Brasil – BEP (Brasil). Relatório técnico 08-2021. São Paulo: Instituto 17, 2022. ISBN 978-65-997883-6-9.

INSTITUTO 17. **Biogás no Brasil**: Análise de viabilidade econômica e de potencial de investimentos. Programa de Energia para o Brasil – BEP (Brasil). Relatório técnico 02-2022. São Paulo: Instituto 17, 2022. ISBN 978-65-997883-9-0.

INSTITUTO 17. **Biogás no Brasil**: Potencial Oferta a Curto Prazo. Programa de Energia para o Brasil – BEP (Brasil). Relatório técnico 02-2021. São Paulo: Instituto 17, 2021. ISBN 978-65-997883-5-2.

INSTITUTO 17. **Guia de regulação estadual para a distribuição canalizada de biometano**. Programa de Energia para o Brasil – BEP (Brasil). Relatório técnico 03-2022. São Paulo: Instituto 17, 2022. ISBN 978-65-997883-2-1.

KUNZ, Airton; STEINMETZ, Ricardo Luis Radis; DO AMARAL, André Cestonaro. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2022.

MOSCONI, Neudi; TÜNDERMANN, Helmut. **Tratamento e Transformação dos Resíduos das Atividades Agropecuárias e Agroindústrias no Município de Toledo**. Projeto Conceitual da Usina de Híbrida de Bionergia e compostagem da AMBICOOP. Toledo: MELE Unternehmensgruppe & AMBICOOP, abr. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ONUDI). **Financiamento para o setor de biogás: mecanismos financeiros para investimentos em projetos de biogás no Brasil** / Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial. – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2022. (GEF Biogás Brasil).

Projeto: Sistemas de Energia do Futuro III

Modelos de negócios para aproveitamento energético de resíduos agropecuários e agroindustriais

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ONU DI). **Guia de empresas e tecnologias: Programa de Tropicalização do Projeto GEF Biogás Brasileiro** / Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial; Centro Internacional de Energias Renováveis. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023. (GEF Biogás Brasil) ISBN: 978-65-5471-039-8.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ONU DI). **Mapeamento das estratégias para geração de valor na cadeia do biogás: rotas tecnológicas do biogás nas regiões dos Campos Gerais e oeste paranaense** / Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial; Universidade Tecnológica Federal do Paraná; Comitê diretor do projeto Centro Internacional de Energias Renováveis. – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2019. 20 p.: il. – (GEF Biogás Brasil). ISBN: 978-65-87432-33-5.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ONU DI). **Metodologias para integração do biogás na cadeia de valor da agroindústria** / Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial; Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2022. (GEF Biogás Brasil) ISBN: 978-65-87432-17-5.

ESTUDO DE CASO APLICADO AMBICOOP

COOPERATIVA DE GERAÇÃO DE ENERGIAS
SUSTENTÁVEIS E SANEAMENTO RURAL TOLEDO - PR

ISBN: 978-65-88109-18-2



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

