

# **PROJETO ENTRE RIOS DO OESTE 2015**

**ARRANJO TÉCNICO E COMERCIAL DE GERAÇÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS DE BIOMASSA  
RESIDUAL DA SUINOCULTURA EM PROPRIEDADES  
RURAIS NO MUNICÍPIO DE ENTRE RIOS DO OESTE  
PARANÁ**

## **Informações Gerais do Projeto**

**Página na internet:** <http://www.cibiogas.org.br>

**Duração:** 36 meses

**Categoria de Pesquisa:** Pesquisa Aplicada

**Palavras-Chave:** Biogás  
Aproveitamento Energético  
Gasoduto  
Saneamento Urbano/Rural  
Geração Distribuída

**Tema de Pesquisa:** Energia Renovável

**Ano de Início:** 2015

### **Áreas de Conhecimento**

Sistemas de Computação  
Microbiologia Aplicada  
Construção Civil  
Fenômenos de Transporte  
Mecânica dos Sólidos  
Materiais Elétricos  
Medidas Elétricas, Magnéticas e Eletrônicas; Instrumentação  
Saneamento Ambiental  
Saneamento Básico  
Tratamento de Águas de Abastecimento e Residuárias  
Ciência do Solo  
Engenharia de Água e Solo  
Crescimento, Flutuações e Planejamento Econômico  
Planejamento e Avaliação Educacional  
Orientação e Aconselhamento  
Física dos Fluidos, Física de Plasmas e Descargas Elétricas  
Ensino-Aprendizagem

## APRESENTAÇÃO DO PROJETO

### 1. JUSTIFICATIVA

O Brasil é o terceiro maior produtor de alimentos proteicos do mundo. O setor é responsável por 37% do Produto Interno Bruto Brasileiro (PIB) e por um em cada quatro empregos brasileiros. Ao mesmo tempo que demanda 40% da disponibilidade interna de energia elétrica do país. Grande parte dessa energia é utilizada para operações rurais, como a moagem de grãos, processos de irrigação, aquecimento de animais, iluminação de instalações produtivas, resfriamento de alimentos, aquecimento de água, entre outras aplicações, que não justificam o consumo de energia elétrica gerada pelo Sistema Integrado Nacional já que estas atividades geram resíduos e dejetos, cuja natureza orgânica possibilita a produção de energia quando são submetidos a digestão anaeróbica, que tem como resultado a produção de biogás. Em outras palavras, as atividades rurais eletrointensivas têm condição de gerar a própria energia para atender essas demandas. O quadro atual demonstra uma sobrecarga de demanda sobre o Sistema Integrado Nacional (SIN) e revela um grau elevado de ineficiência energética setorial, a qual pela sua magnitude (40% de toda a demanda interna nacional) também pode ser considerada como uma ineficiência energética nacional.

Esta ineficiência pode ser mitigada pela possibilidade de geração de energia elétrica por uma fonte não convencional, que é o biogás produzido com resíduos orgânicos das próprias atividades produtivas. Além dos ganhos de eficiência energética, por serem os resíduos e dejetos submetidos a processos de digestão anaeróbica, pois trata-se de um tratamento sanitário dos mesmos, a opção de mobilização desta fonte proporciona externalidades positivas de ordem ambiental. Mitiga a poluição hídrica e atmosférica, assim como tem efeitos de ordem econômica e social, uma vez que mobiliza extensa cadeia de suprimentos e serviços locais e regionais, desde o planejamento até a operação de microcentrais a biogás.

Considerando ainda o clássico nexos que se estabelece entre produção de alimentos, água e energia (FAO 2013), e a necessidade de manter este nexos equilibrado e sustentável, o tratamento anaeróbico da água poluída produzindo biogás para geração de energia

constitui-se num fator promotor do equilíbrio, funcionando como um amortecedor (*buffer*) dos impactos que geram desconexão entre os três eixos deste sistema.

Em termos energéticos, a introdução sincronizada de microcentrais a biogás nas redes de distribuição da Copel pode proporcionar à empresa uma complementação da geração de energia em áreas aonde são intensas e concentradas as atividades de produção de animais, como é o caso do Município de Entre Rios do Oeste e de cerca de pelo menos cem outros municípios do Estado do Paraná. Reforçam este benefício os registros frequentes de falta de energia elétrica nas pontas das linhas de distribuição, com impactos variáveis na produção de animais, sendo os mais graves com as perdas de lotes inteiros e que não raro são objetos de compensação econômica ou indenizações econômicas pela empresa concessionária.

É digno de preocupação também, pelos mesmos motivos relacionados com a instabilidade de redes, o fato de que há intensa mobilização dos produtores para a instalação de microgeradores em *backup*. Estes equipamentos são movidos a diesel (maioria) e a GLP, ambos combustíveis distantes da matriz elétrica da Copel, o que permite sugerir que a empresa poderá perder mercado para geração e para distribuição, com estas iniciativas que não lhe beneficiam em nada. A possibilidade de associar-se ao setor produtivo para a produção de biogás e com este movimentar microcentrais termelétricas, pode compensar o efeito corrosivo da quase invisível concorrência predatória dos motogeradores a combustíveis fósseis.

Na região Oeste do Paraná, segundo o INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária e a FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (2013), a participação da agricultura familiar na estrutura fundiária é de aproximadamente 85% do total de propriedades rurais. No Brasil estas propriedades familiares operam com cerca de 13,8 milhões de pessoas, ou 77% da população ocupada na agricultura, produzindo cerca de 60% dos alimentos consumidos pela população brasileira.

Com o fortalecimento econômico pela industrialização da produção agropecuária, ocorre o desenvolvimento da produção de proteína animal (aves, suínos e leite) e consequentemente, a entrada de agroindústrias de transformação e de produtos industrializados. Esta evolução agregou valor econômico aos produtos agropecuários com benefícios às cooperativas e seus cooperados.

O aumento da escala de produção é consequência da pressão dos custos, portanto inevitável, e a tendência que se observa o planejamento estratégico das atividades é de crescimento vertiginoso. Como consequência é também inevitável que as atividades sejam forçadas a buscar sustentabilidade, seja econômica, ambiental e social. Isto significa que o setor da produção de alimentos, no mesmo momento em que apresenta projetos expressivos de expansão, deve optar em curto prazo por aprimorar seu desempenho, tornando-o sustentável. Os custos de energia e de combustíveis, entre os três mais impactantes nos cálculos dos pagamentos do setor, por certo estão no foco destas mudanças.

E assim, como a opção pelo tratamento de seus resíduos e efluentes orgânicos por digestão anaeróbica, o que não somente se constitui em uma das opções de saneamento a adotar, é a única a produzir energia, observa-se que o quadro atual estará em mudanças e já exige atenção.

Neste contexto, o presente projeto propõe modelar uma solução para os problemas apresentados de forma inédita e em escala real. A estratégia técnica seguida é de propiciar a viabilidade da geração de energia elétrica por uma Minicentral Termelétrica (MCT) a biogás, sendo este produzido coletivamente por produtores de animais localizados no território do Município de Entre Rios do Oeste, no oeste do Estado do Paraná.

A Minicentral, operando em paralelo e em sincronia com a rede de distribuição da Copel, pode servir tanto para atender a toda a demanda permanente das atividades municipais, como pode ser acionada para compensar possíveis faltas de energia nos horários de sobrecarga e de ponta. É importante destacar também que ao optar por concentrar as operações de geração em uma Minicentral a biogás, o modelo proposto estimula uma só necessidade de conexão à rede de distribuição, ao invés de todas as potenciais conexões, caso todos os produtores da área de abrangência do projeto se dispusessem a gerar energia com o biogás que produzem. Com a valorização do biogás como fonte local não convencional para sustentar esta compensação, a Copel pode garantir o protagonismo integral como fornecedora de energia, hoje permeado pela utilização de combustíveis fósseis em microgeradores.

A unidade de trabalho selecionada foi o município de Entre Rios do Oeste (ERO), que durante dois anos de prospecções e análises do potencial de produção de biogás e de seu aproveitamento energético, indicou a existência no território municipal de mais de 130 mil suínos, cerca de 2,5 mil vacas leiteiras e de 355 mil aves, cujas dejeções não são adequadamente tratadas. Estimadas as emissões de dejetos em comparação com esgotos humanos, encontra-se na área rural do Município de Entre Rios um potencial poluidor equivalente ao de uma cidade de 530 mil habitantes, enquanto em seu quadro urbano a população não passa de 4 mil habitantes.

Por outro lado, esta quantidade de dejetos produzidos no município apresenta um potencial de produção de cerca de 17.500 m<sup>3</sup>/dia de biogás, com cerca de 60% de gás metano (CH<sub>4</sub>). Considerando uma razão de cerca de 2,0 kWh/m<sup>3</sup> de biogás, uma Minicentral Termoelétrica pode ser dimensionada para operar em um regime de 18 horas com uma potência instalada de até 2 MW, com geração anual de até 12.775 MWh.

Tendo em vista que o consumo de energia elétrica anual das unidades consumidoras de todo município de ERO é de 15.714 MWh (IPARDES, 2015), a produção de energia elétrica proposta neste projeto poderá atender cerca de 80% da demanda municipal. A distribuição do consumo anual de energia elétrica no município, de acordo com o perfil de usuários é de: Residencial 2.702 MWh, Setor secundário (Indústria) 2.808 MWh, Setor comercial 2.082 MWh, Setor rural 6.427 MWh, outras classes 1.696 MWh (IPARDES, 2015).

Sendo as unidades consumidoras do meio rural responsáveis por cerca de 40% da demanda de energia do município, a geração de energia elétrica, a partir do biogás produzido pelos próprios produtores de animais do município, **constitui-se um cenário altamente favorável para a eficiência energética desta produção, para sua sustentabilidade ambiental e social, além de ganhos econômicos e de competitividade para a Copel e para o desenvolvimento local.**

A ANEEL (2015) e a EPE pela NT 13 de 2014 também relatam que a geração distribuída pode proporcionar diversos benefícios para o sistema energético. Entre eles estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental do modelo proposto, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética.

Desta forma, o uso energético do biogás resultante da digestão anaeróbia de resíduos, para

redução dos impactos supracitados, oferece boas perspectivas para sustentabilidade econômica e ambiental do projeto, pela mobilização de uma fonte não convencional como o biogás produzido no município, e se configura como uma alternativa técnica e economicamente importante para equacionar a problemática da geração de energia conjugada com o saneamento ambiental em Entre Rios do Oeste.

**Diante disso, pode-se considerar que o projeto a ser implantado em Entre Rios do Oeste propõe uma solução inovadora para o setor elétrico, como modelo para municípios que apresentem expressivas concentrações de produção de animais e sua conversão sustentável em alimentos.**

Todas as ações propostas são resultantes do marco regulatório nacional para conversão do biogás em energia, que tem evoluído nos últimos anos no Brasil, como se pode constatar:

- Empresa de Planejamento Energético – EPE, Nota Técnica nº 13/14, que inclui a geração descentralizada de energia elétrica e de biocombustíveis com biogás no Plano Nacional de Energia.
- Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Resolução nº 8/15, que regula a qualidade do biogás e biometano.
- Agência Nacional de Energia Elétrica, Resolução Normativa nº 482/12, que regula a geração distribuída de energia elétrica em mecanismos de compensação, em conjugação com outros dispositivos regulatórios já em vigor não é o caso para o presente projeto.

Cabe ressaltar que recentemente o Ministério de Minas e Energia fez publicar a Portaria nº 44/15, convocando a incorporação de microgeradores ao Sistema Integrado Nacional.

Usualmente movidos a combustíveis fósseis, o abastecimento destes microgeradores pode ser feito com biogás.

Este quadro permite considerar que o biogás deixa de ser uma fonte de energia marginal. Além disso, o domínio das tecnologias, e sua disseminação, para produção e utilização da agroenergia em propriedades da agricultura familiar abre uma nova perspectiva a respeito do potencial energético do Paraná e do Brasil, impulsionando a geração de energia elétrica (EE) a partir desta fonte não convencional, principalmente nas regiões com grande concentração de produção de alimentos.

Deve-se ainda considerar a contribuição do projeto para a atenuação do êxodo rural, por oferecer novas perspectivas de trabalho e renda, com a evolução tecnológica das condições de trabalho nas propriedades rurais, promovidos pelo conjunto de fatores apresentados.

O arranjo técnico proposto, ainda em contexto de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento, prevê uma modelagem inicialmente com 19 produtores, visando adquirir a expertise necessária para uma futura implantação completa no município e também sua replicação em outras unidades administrativas, estimulando-se as economias locais, baseada na cadeia produtiva da geração de EE com biogás, fomentando uma nova dimensão de serviços especializados e suprimentos, com alta demanda de mão de obra especializada e fornecedores, com impactos diretos na economia local e regional.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral:

Desenvolver arranjo técnico / comercial para implantação de uma Minicentral Termoelétrica (MCT) de 480 kW de potência instalada movida a biogás produzido pela biodigestão da biomassa residual das atividades de produção de animais integradas à agroindústria de alimentos realizadas em propriedades rurais do Município de Entre Rios do Oeste.

### Objetivos Específicos

#### 1 – Da pesquisa e do desenvolvimento do projeto

- Avaliar a **eficiência de conversão** sequencial de biomassa em biogás e deste em **energia elétrica**, em função dos diferentes substratos e manejos possíveis de serem adotados nas propriedades rurais integrantes do município envolvido no projeto.
- Identificar e comparar as possibilidades de implantação, evolução e aperfeiçoamento das tecnologias envolvidas: nos sistemas de produção e de captação, no sistema de gasodutos de transmissão e do refino do biogás.
- Avaliar o desempenho da Minicentral Termoelétrica a biogás mais adequada às condições do projeto e seus impactos positivos e negativos na conexão com o sistema de distribuição da Copel, bem como avaliar e propor medidas de mitigação para os mesmos, visando a replicabilidade do modelo para outras situações de interesse da Copel.
- Avaliar, controlar e monitorar as emissões de gases de efeito estufa evitadas e realizadas com a implantação do projeto e as externalidades positivas no balanço de emissões da Copel.

- Avaliar e monitorar os efeitos da poluição hídrica local antes e depois da implantação do projeto, com vistas aos efeitos da eutrofização antrópica e sua replicabilidade em outras bacias hidrográficas influentes em **reservatórios da Copel**.
- Implantar e operar um programa permanente de ensaios de caracterização físico-química e biológica dos digestatos, efluentes dos biodigestores, bem como do biogás por eles produzidos.
- Promover a produção técnico-científica contínua no projeto, submetendo artigos e notas técnicas referentes aos resultados obtidos.
- Avaliar a viabilidade técnico-econômica e financeira dos modelos de negócio estudados e propostos, visando sua replicabilidade para outras situações de interesse da Copel.
- Avaliar e propor modelos técnicos derivados da implantação do projeto, para replicação de arranjos similares em outras situações de interesse da Copel e do setor elétrico brasileiro.

## **2 – Para a execução e controle do projeto**

- Elaborar projetos básicos e executivos para a biodigestão de dejetos animais em 19 propriedades integrantes da proposta do projeto.
- Implantar os sistemas de biodigestão nas 19 propriedades rurais propostas, produtoras de animais, para produção de biogás.
- Elaborar projetos técnicos para uma rede de gasodutos, e para todos os processos de transporte até a Minicentral Termoelétrica (MCT) a biogás.
- Implantar rede de gasodutos rurais de baixa pressão para transporte do biogás produzido

nas propriedades integrantes do projeto.

- Elaborar projetos técnicos para uma Minicentral Termoelétrica (MCT) a biogás.
- Implantar a Minicentral Termoelétrica a biogás, composta por: (a) biorrefinaria para purificação do biogás produzido; (b) sistemas de armazenamento de biogás; (c) por dois grupos motogeradores de 240 KW de potência cada; (d) sistema de painéis de comando, de controle e de proteção, segundo padrões da Copel.
- Implantar sistema supervisorio de monitoramento, automação e análise de dados para subsidiar o controle e qualidade de operação dos componentes da MCT.
- Elaborar Projeto Conceitual, Básico e Executivo da MCT e Projetos Civil e Elétrico.
- Interligar a MCT com a RD da Copel, de acordo com a INFORMAÇÃO DE ACESSO fornecida pela Divisão de Atendimento à Acessantes (VAGD), conforme consta no site da Copel ([www.copel.com](http://www.copel.com)) nos Procedimentos da Copel Distribuição S/A – PRODIST.
- Elaborar Projeto das Instalações de Conexão, Memorial Descritivo, Localização, Arranjo Físico, Diagramas e Sistema de Medição para Faturamento – SMF e Estudos de Fluxo de Potência, Curto-circuito e Operação de Equipamentos na Área de Influência da MCT.
- Elaborar e encaminhar os pedidos das respectivas Licenças Prévia, de Instalação e de Operação, para a execução do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento da implantação da MCT.

### **3. METODOLOGIA**

Este projeto propõe um arranjo técnico e comercial que contempla a participação de 19 propriedades rurais produtoras de animais do município de Entre Rios do Oeste, na produção de biogás a ser utilizado para geração distribuída de energia elétrica.

O projeto, com prazo de duração de 3 anos, está estruturado em 17 etapas, a seguir identificadas:

#### **Ano 1: VER ANEXO**

Neste ano será feito um levantamento do estado da arte, bem como uma ampla prospecção tecnológica acerca dos temas envolvidos.

Etapa 1: Estudos prévios dos sistemas de biodigestão e do biofertilizante.

Etapa 2: Estudo prévio dos sistemas de transporte, tratamento e armazenamento do biogás.

Etapa 3: Estudo prévio das tecnologias e metodologias para o monitoramento do arranjo técnico proposto no projeto (Plano de Monitoramento).

Etapa 4: Estruturação do arranjo técnico comercial.

Etapa 5: Projeto básico, executivo e implantação dos sistemas de biodigestão.

Etapa 6: Projeto básico, executivo e implantação do arranjo técnico (sistemas de transporte, tratamento e armazenamento do biogás).

Etapa 7: Estudo prévio dos sistemas de aproveitamento energético do biogás para compensação de energia elétrica.

Etapa 8: Implantação do plano de monitoramento do projeto.

#### **Ano 2: VER ANEXO**

Neste ano as 5 etapas a serem desenvolvidas estarão relacionadas à implantação total dos sistemas que permitirão o aproveitamento energético do arranjo estruturado.

Etapa 1: Estruturação do arranjo técnico comercial. (continuação)

Etapa 2: Projeto básico, executivo e implantação dos sistemas de biodigestão

(continuação).

Etapa 3: Projeto básico, executivo e implantação do arranjo técnico (sistemas de transporte, tratamento e armazenamento do biogás). (continuação)

Etapa 4: Projeto básico, executivo e implantação dos sistemas de aproveitamento energético do biogás.

Etapa 5: Implantação do plano de monitoramento do projeto. (continuação)

### **Ano 3: VER ANEXO**

Neste ano estão previstas as etapas de avaliação da eficiência das tecnologias implantadas. Outra etapa importante será o inventário do potencial de geração de biogás a partir dos resíduos da pecuária e agroindústria no estado do Paraná, que servirá de base para analisar o potencial de replicação do projeto em outras regiões do Estado. Posteriormente, será realizado um estudo final de viabilidade técnico-econômica e financeira do projeto, com base em todos os resultados aferidos.

Etapa 1: Avaliação das tecnologias implantadas e estudos de eficiência dos sistemas.

Etapa 2: Estudo e inventário do potencial de produção de biogás no estado do Paraná.

Etapa 3: Avaliação dos cenários técnico-econômicos e proposta final de arranjos técnicos e comerciais para viabilização do aproveitamento energético.

Etapa 4: Conclusão geral do projeto (relatório final, workshop, apresentação das dissertações feitas, etc).

---

O primeiro passo será definir os arranjos necessários (técnico e comercial) e, na sequência, mobilizar os produtores e algumas instituições da região. Uma destas é a Prefeitura, que apoiará na divulgação e mobilização dos produtores e outros órgãos, nas obras e na operação do arranjo, dentro de suas possibilidades operacionais e financeiras.

Outras instituições importantes serão as cooperativas e associações de produtores, desenvolvem um trabalho constante de acompanhamento das produções.

As propriedades rurais participantes instalarão um sistema de biodigestão dos dejetos dos animais, que será um componente para a correta destinação desse efluente. Este sistema será composto basicamente por biodigestor e compressor de biogás. É importante destacar que o sistema de biodigestão de cada propriedade, bem como as ligações com o gasoduto principal (figura 1 abaixo), serão implantados com recursos provenientes de financiamentos para agricultura familiar.



Figura 1: Localização do gasoduto proposto.

Desta maneira, este sistema será uma contrapartida dos proprietários, totalizando um valor de cerca de R\$ 1,52 milhões. As vendas do biogás para o arranjo e o aproveitamento do biofertilizante trarão o retorno para o investimento feito pelo produtor. Os produtos gerados pela biodigestão anaeróbia serão o biogás e o biofertilizante (digestado).

O volume de cerca de 87.300 m<sup>3</sup>/ano total de biofertilizante poderá ser aplicado nos cultivos das propriedades e o excedente será transportado por veículos da Prefeitura para outras propriedades que demandem pela sua utilização. Em ambos os casos, este biofertilizante poderá gerar renda para o produtor rural, reduzindo a compra de fertilizantes químicos ou comercializando o excedente.

Embora tenha um valor econômico para as atividades agrícolas, este valor não é considerado para efeito de viabilidade econômica do projeto que é integralmente focado no



âmbito da geração de energia elétrica.

O biogás (4.772 m<sup>3</sup>/dia) gerado na decomposição será transportado por um sistema de gasoduto de cerca de 22,5 km até um ponto único, a Minicentral Termoelétrica, com o objetivo de otimizar a compra de equipamentos e, assim, valorizar economicamente o biogás. Esta proposta baseia-se no fato de que estas pequenas propriedades, individualmente, não viabilizam o investimento no aproveitamento do biogás para geração de energia elétrica e conexão com a rede de distribuição. Porém, por meio da soma do biogás gerado em cada uma delas, o investimento do projeto se torna viável.

**O gasoduto será instalado de acordo com as normas técnicas vigentes, considerando o que preconiza a NBR 12.712:2002, que propõe os requisitos essenciais de projeto e padrões mínimos de segurança, bem como frisa que os projetos devem se apoiar nas boas práticas de engenharia. Desta forma, este projeto se justifica plenamente como pesquisa e desenvolvimento por buscar compatibilizar o recomendado pela referida NBR com a realidade dos gasodutos rurais para transmissão de biogás, que segundo a Resolução 8/2015 da ANP é um gás bruto.**

Ressalta-se que entre as boas práticas que poderão ser avaliadas no projeto estão os diversos tipos de materiais construtivos disponíveis no mercado, visando a sua avaliação técnica e financeira, com monitoramento da qualidade e desempenho, atendendo as metas de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento. Além disso, antes de serem conectados ao gasoduto, os biodigestores poderão ser aproveitados pelos produtores com a utilização de parte do biogás (48 m<sup>3</sup>/dia de biogás ou 1% do total produzido) em equipamentos como fogões para cozimento de alimentos ou aquecimento de água para esterilização de equipamentos de ordenha. Este uso não deverá afetar a vazão de biogás aproveitada para energia elétrica, por ser pequeno porte. Entretanto, é importante salientar que seu uso é imprescindível, pois estimula que o produtor se preocupe com o correto manejo dos dejetos e do biodigestor e com pequenas manutenções do sistema, o que garantirá a produção de energia com qualidade.

O gasoduto será mantido em uma pressão média de 4 bar, por meio de compressores que conduzem o biogás de suas extremidades para a usina. Serão instaladas purgas nos pontos

baixos para retirada da água que se acumula devido à umidade existente no biogás. O diâmetro da tubulação do tipo PEAD aumenta conforme se aproxima da usina, variando de 125 mm a 160 mm. A tubulação será enterrada em uma vala a 1 m de profundidade, recebendo uma camada de areia abaixo e acima, além de outros itens que garantam a segurança, como a sinalização com placas ao longo de todo o gasoduto.

Chegando à Minicentral Termoelétrica, o biogás será armazenado e purificado em uma Biorrefinaria, sendo neste processo removido o gás sulfídrico ( $H_2S$ ), o gás carbônico ( $CO_2$ ) e a umidade do biogás, possibilitando melhor desempenho dos motores e o aumento de sua vida útil. O biogás filtrado/purificado, denominado Biometano pela ANP nº 08/2015 será utilizado em dois grupos motogeradores com potência de 240 kW cada, operando até 20 h/dia e gerando 9,5 MWh de energia com os 4.772 m<sup>3</sup>/dia de biogás.

Um componente importante deste projeto é o estudo das tecnologias para geração de energia elétrica e conexão com a rede, de forma segura e dentro nas normas técnicas da Copel. Após a implantação destes componentes, serão avaliadas as tecnologias e possibilidades de melhorias e aperfeiçoamento. Além disso, se iniciará o monitoramento e acompanhamento para coleta de dados e estudos de eficiência e viabilidade técnico-econômica do arranjo.

O monitoramento será realizado por meio de sensores e por coleta manual dos dados, como produção de dejetos e biogás, vazão do biogás no gasoduto e geração de energia elétrica. Os dados físico-químicos dos efluentes e afluentes dos biodigestores serão analisados no laboratório do CIBIOGAS, para permitir maior agilidade e o bom funcionamento dos biodigestores. Além disso, serão realizadas análises microbiológicas e de potencial máximo de produção de biogás dos dejetos de suínos, permitindo que se crie um banco de dados de referência para a operação eficiente do arranjo.

Com as informações geradas e o arranjo ideal delineado, será possível analisar a replicabilidade do arranjo desenvolvido neste município do Paraná. A base desta análise será o levantamento de potencial a ser realizado com ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Este potencial será apresentado em um atlas digital web, desenvolvido com geotecnologias em software livre, pelo Centro Internacional de Hidroinformática da FPTI. Como forma de garantir a disponibilidade de mão-de-obra especializada e técnica para a replicação das tecnologias do arranjo desenvolvido, serão



realizadas capacitações e workshops nos temas do projeto.

O esquema da figura 2 apresenta o processo de geração de biogás até sua utilização para geração de energia elétrica.

A figura 3 apresenta o modelo simples de negócio a ser utilizado no arranjo proposto no projeto.

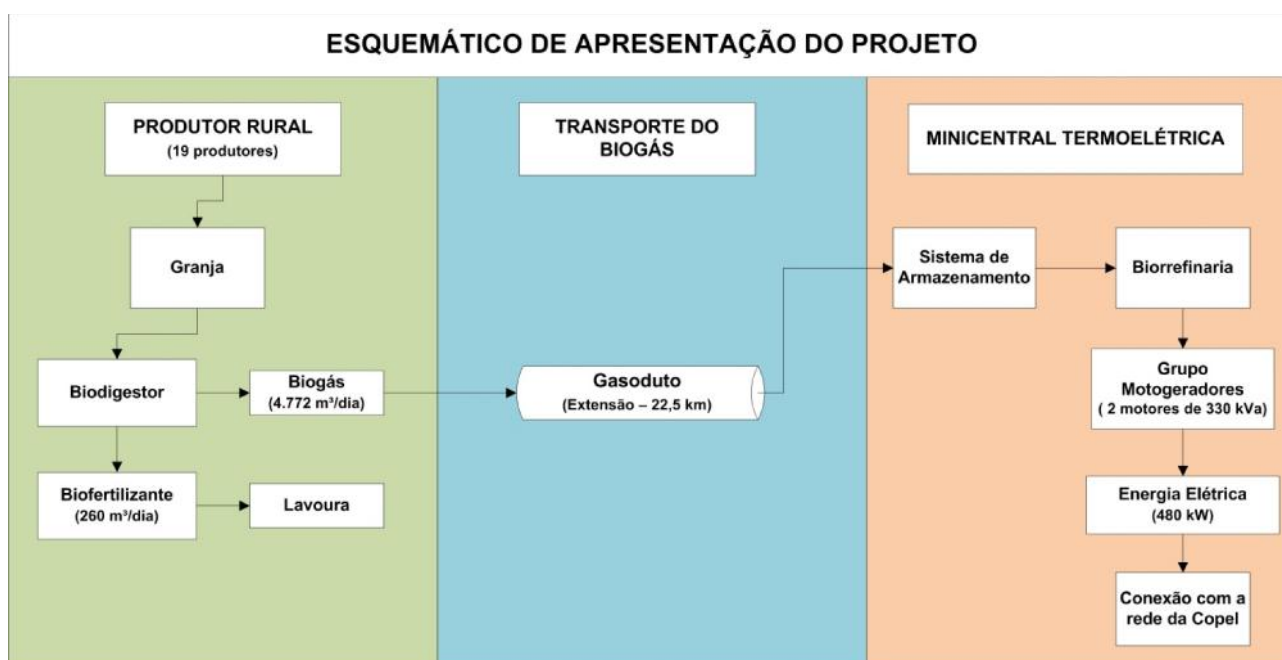


Figura 2: Fluxo da produção a utilização de biogás.

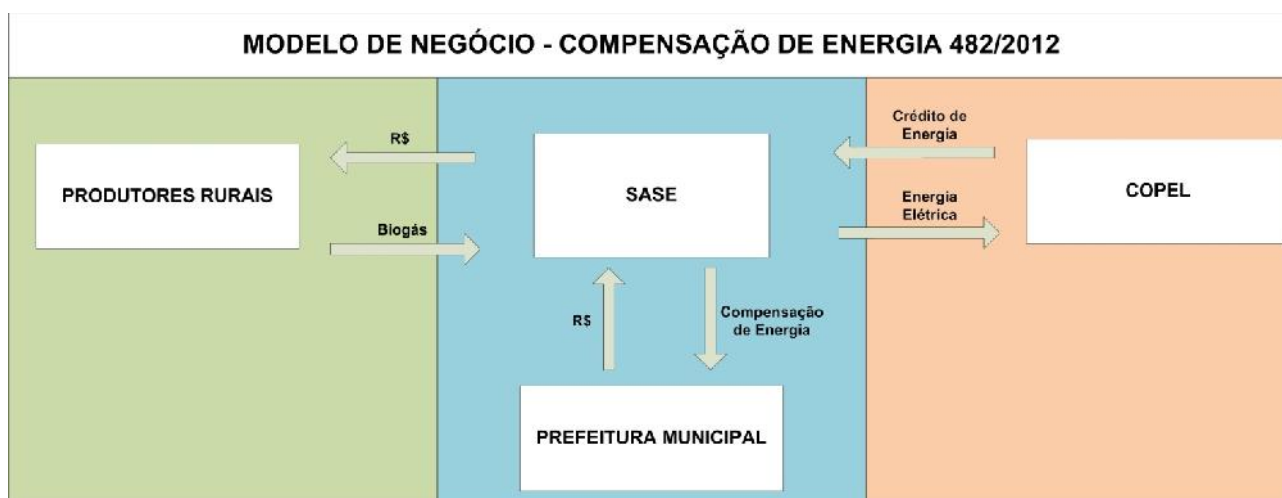


Figura 3: Modelo de negócio do arranjo proposto.

#### 4. RESULTADOS GERAIS

São resultados esperados do Projeto:

- O estudo implementado do arranjo técnico e comercial de geração distribuída de energia elétrica em escala real, utilizando cerca de 99% de biogás para esta forma de geração e 1% do biogás para aproveitamento interno nas propriedades rurais, disponibilizado por 19 propriedades e transportado por cerca de 22,5 km de gasoduto rural no município de Entre Rios do Oeste.
- O estudo e a implantação de um sistema de monitoramento e análise de dados capaz de fornecer dados indispensáveis à avaliação do desempenho técnico-econômico do projeto, tais como, quantidade de efluentes líquidos da suinocultura produzido e tratado, população atendida, quantidade de biogás produzido, qualidade do gás, eficiência do gerador, entre outros.
- A execução dos projetos da planta de geração de energia elétrica a partir do biogás com potência instalada de 480 kW, composta por dois grupos motogeradores de 240 kW cada, operando até 20 h/dia e gerando 9,5 MWh de energia com os 4.772 m<sup>3</sup>/dia de biogás.
- O estudo de viabilidade técnico-econômica e financeira do projeto de geração de energia elétrica a partir do biogás, que fornecerá os parâmetros para replicabilidade do projeto.

Além das obras serão elaborados os seguintes estudos:

- Estudo de melhorias e aperfeiçoamento de tecnologias de sistemas de biodigestão para geração de biogás a partir de dejetos de suínos e outros animais do interesse agroindustrial.
- Estudo das melhorias e aperfeiçoamentos das tecnologias de aproveitamento do

potencial de geração e captação do biogás para tratamento de efluentes líquidos da suinocultura em território nacional.

- Inventário de locais adequados à instalação de usinas de aproveitamento energético de biogás no Estado do Paraná.
- Atlas Web com todos os dados levantados sobre a produção de dejetos do Estado do Paraná e avaliação dos locais potenciais para instalação de arranjos técnicos e comerciais, conforme proposto neste projeto.
- Estudo de cunho construtivo de arranjos técnicos para viabilizar a geração de energia elétrica a partir do biogás, bem como a eficiência do processo de produção do biogás ao longo da execução do projeto.
- Análise da eficiência de conversão da biomassa em biogás, de acordo com os diferentes substratos e manejos adotados nas propriedades rurais.
- Análise da legislação pertinente do setor elétrico, incluindo geração, conexão e uso da rede e comercialização de energia gerada, e compatibilização com a legislação atualizada ambiental local, bem como análise das implicações socioeconômicas.
- Pesquisa e Desenvolvimento no estudo de melhorias e aperfeiçoamento de tecnologias de sistema de captação e transporte de biogás (gasoduto), considerando a conexão das propriedades rurais à usina de aproveitamento energético.
- Análise de tecnologias atuais e levantamento dos dados básicos para geração de energia elétrica a partir do biogás oriundo de efluentes líquidos, incluindo o estado da arte da geração de energia elétrica.
- Estudo de estratégias e mecanismos para aproveitamento do biogás em propriedades

rurais familiares no município de Entre Rios do Oeste.

- Estudo da vida útil dos componentes e desempenho da usina de aproveitamento energético a partir do biogás oriundo de resíduos líquidos da suinocultura.
- Análise dos custos dos componentes de uma planta de geração de energia elétrica a partir do biogás oriundo de dejetos de suínos, considerando todos os encargos de fabricação em território nacional e de importação de outros países.
- Análise das alternativas de receita, com venda ou comercialização da energia, ou de redução de despesas, com consumo ou intercâmbio de energia, para compensação dos gastos com o investimento em geração de energia elétrica a partir do biogás, incluindo a contrapartida das instituições envolvidas no projeto.
- Análise dos custos de formação de tecnologia nacional para geração de energia elétrica a partir do biogás com treinamento e capacitação de técnicos em universidades e empresas nacionais.
- Estudo e estimativa das reduções de emissões de gases de efeito estufa evitadas com implantação do projeto. Validação destes resultados obtidos por meio da produção técnico-científica, publicando artigos técnicos e científicos.
- Estudo dos impactos na rede elétrica decorrentes da interligação com geração de energia elétrica a partir do biogás oriundo de efluentes líquidos da suinocultura.
- Intercâmbio com especialistas de notório conhecimento técnico-científico em geração de energia elétrica a partir do biogás oriundo de efluentes líquidos da suinocultura.
- Apoio e estruturação do Laboratório de Pesquisa com Biogás (LABIOGÁS) no Parque Tecnológico de Itaipu.

- Implantação do gasoduto rural, o qual transportará 4.772 m<sup>3</sup> diários de biogás, considerando a conexão dos biodigestores às unidades de produção de energia elétrica.
- Estudo das características operacionais do gasoduto operando no transporte de biogás, fornecendo subsídios para a melhoria das referências técnicas de dimensionamento, projeto e montagem de gasoduto.

Outros aspectos considerados como resultados da execução são apresentados nas tabelas em anexo.

## **Capacitação**

Títulos de mestrado: 4

Considerando-se que o projeto tem previsão de duração de 3 anos, o prazo permite a elaboração de trabalhos de mestrado, propondo-se 1 na área de Sistemas Dinâmicos e Energéticos (UNIOESTE –FOZ), 2 na área de Engenharia da Agricultura (UNIOESTE – CASCAVEL) e mais 1 na área de Tecnologias Ambientais (UTFPR – MEDIANEIRA).

## **Especificação Complementar**

As capacitações visam facilitar à execução do projeto com vistas à disseminação do conhecimento técnico do biogás localmente, e será realizada por meio de workshops destinados a equipe de trabalho e participantes do projeto, bem como aos técnicos da região. Estas capacitações são essenciais para o aperfeiçoamento e atualização das melhores práticas, conceitos e tecnologias a serem utilizadas no projeto, relacionados à energia do biogás. Além disso, algumas visitas técnicas em outros projetos com processos similares serão importantes, para a avaliação de implantação de protótipos com características semelhantes. Outro processo importante de capacitação será o intercâmbio de especialistas proporcionando sua vinda para a região de Entre Rios do Oeste e a ida de

especialistas da região para centros de referência.

#### Propostas de Capacitação:

- |  |             |
|--|-------------|
| - Capacitação em sistemas de biodigestão:                                    | 30 pessoas. |
| - Capacitação em sistemas de transporte, tratamento e armazenagem de biogás: | 30 pessoas. |
| - Capacitação em aproveitamento energético do biogás:                        | 30 pessoas. |
| - Capacitação em monitoramento de unidades de produção de biogás e energia:  | 30 pessoas. |
| - Capacitação de técnicos:   | 30 pessoas. |

O projeto organizará e oferecerá uma capacitação técnica para mão-de-obra local, a fim de capacitar técnicos em relação à operação e manutenção de biodigestores.

Ressalta-se que os trabalhos, as produções técnico-científicas e as patentes serão desenvolvidas nas áreas correlatas do projeto, conforme os temas: Agroenergia; Biomassa Residual; Biodigestão Anaeróbia, Saneamento Ambiental; Produção do Biogás; Geração Distribuída e Tecnologia de Gasodutos.

As patentes poderão ser geradas no processo de produção, transporte, tratamento e armazenamento do biogás, além do processo de geração de energia elétrica e conexão com a rede. Os trabalhos e produções técnico-científicas serão publicados em eventos nacionais e internacionais na área de energia e saneamento.

#### Alguns dos eventos serão:

- SIGERA: Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais.
- CITENEL: Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica.
- SENDI: Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica.

Além dos títulos, capacitações e das produções citadas acima, a equipe do projeto atuará em outros cursos e capacitações que já estão em andamento e tem relação com as instituições. Uma dessas ações que poderá promover a capacitação de pesquisadores e bolsistas é em parceria entre Universidade Tecnológica Federal do Paraná em Toledo e a ITAIPU Binacional, com um curso de especialização na área de Energias Renováveis com Ênfase em Biogás ou em outras instituições e interesse.

## 5. RESULTADOS DO PROJETO

- Geração de novos conhecimentos;
- Aprimoramento dos conhecimentos atuais;
- Promoção de capacitações para qualificar profissionais relacionados às energias renováveis com ênfase em biogás;
- Publicações em órgãos de pesquisa reconhecidos em níveis nacionais e internacionais sobre o vetor energético biogás, de maneira a obter índices reprodutíveis em processos similares.

### **Instituições** (Capacitação das instituições participantes)

Reconhecimento como centro de excelência;  
Participação em conferências, seminários e congressos;  
Demanda por serviços de consultoria;  
Artigos em revistas e Anais.

### - Especificação Complementar

Neste projeto participam os Laboratórios e Centros que desenvolvem atividades de pesquisa nas áreas de georreferenciamento, gestão de bacias hidrográficas, biogás, energia elétrica e automação industrial, que possuem parcerias com instituições públicas e privadas, as quais podemos destacar: UNESCO, ONUDI, Eletrobrás, ITAIPU Binacional, FINEP, governos municipais, estaduais e federais.

O desenvolvimento do projeto permitirá o compartilhamento das tecnologias e pesquisas desenvolvidos no CIBiogás, assim como a troca de experiência com as demais instituições partícipes do projeto, e a geração de pesquisas aplicadas que resultará na publicação de dados e estudos oriundos do monitoramento e acompanhamento das unidades do projeto, tendo como expectativa a geração de uma metodologia que permitirá comprovar a viabilidade técnica, ambiental e econômica do arranjo proposto e a realização de serviços de consultoria para apoio na replicação do projeto em outras regiões do Brasil.



**Concessionária** (Capacitação para a concessionária)

Melhoria de processo interno;

Melhoria da qualidade do serviço prestado.

- Especificação Complementar

Além de contribuir para a eficiência energética, o projeto possibilitará o desenvolvimento e melhor compreensão da geração distribuída, com possibilidades de complementação da energia em períodos hidrológicos desfavoráveis. Neste sentido, destaca-se a possibilidade de acúmulo e armazenamento do biogás, a fim de complementar outras fontes de energia. Outro resultado importante para a concessionária diz respeito à possibilidade de diminuir a eutrofização de seus reservatórios, visto que no Paraná muitas propriedades rurais com características semelhantes às deste projeto margeiam a bacia hidrográfica dos reservatórios.

## 6. PESQUISAS CORRELATAS

Em 2008 a ITAIPU Binacional criou a Assessoria de Energias Renováveis (ER.GB), que contempla em seus objetivos um novo programa de trabalho: A Plataforma Itaipu de Energias Renováveis, que tem como missão demonstrar a viabilidade técnica, econômica e ambiental do uso das fontes renováveis de energia, por meio de projetos e serviços do Parque Tecnológico Itaipu (PTI).

O Programa enfatiza as aplicações da energia de fontes renováveis em Geração Distribuída (GD) homologada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para fonte biogás. O PTI, gerenciado desde 2006 pela Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI) no Brasil e no Paraguai, é um polo produtor de conhecimento científico e tecnológico em ambos os países. No PTI, circulam cerca de 4 mil pessoas, entre funcionários, estagiários, parceiros, empresários, especialistas, pesquisadores, professores e acadêmicos, que desenvolvem atividades em diversas áreas de atuação, como educação, pesquisa e inovação, empreendedorismo, entre outras. Além das instituições de apoio à pesquisa, o PTI mantém um espaço de desenvolvimento empresarial e um campus universitário: O Centro de Engenharias e Ciências Exatas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e a Universidade de Integração da América Latina (UNILA).

Neste complexo, destacam-se as instituições que atuam em projetos de pesquisa e desenvolvimento do biogás, sendo elas: O **Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação (ITAI)**, o Observatório de Energias Renováveis da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONUDI), a Agência de Desenvolvimento Regional do Extremo Oeste do Paraná (ADEOP), o **Centro Internacional de Hidroinformática (CIH)** e o Centro Internacional de Energias Renováveis com Ênfase em Biogás (CIBiogás). Este último centro surgiu de uma parceria entre a Itaipu Binacional e a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial. Possui profissionais especializados, estrutura e ferramentas específicas, como o Laboratório de Biogás (LABIOGÁS), para promover ações de desenvolvimento do biogás como um produto da economia rural, agroindustrial e urbana, além de trabalhar com capacitações, projetos técnicos, ações de pesquisa e desenvolvimento como foco em biogás. Esse centro, devido aos resultados e prospecções de desenvolvimento que vem apresentando ao longo de sua curta e recente história, foi

endossado por mais 17 renomadas instituições na Conferência Rio+20. O Programa de Geração Distribuída de Energia Elétrica com Saneamento Ambiental (2008-2011) foi um projeto de destaque neste contexto, o qual envolveu a participação das seguintes instituições: COPEL, Cooperativa Agroindustrial LAR, FPTI e ITAI, que com os recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) obtiveram resultados significativos, no que se refere ao desenvolvimento de tecnologias para a geração distribuída de energia elétrica a partir de diferentes tipos de biomassa residual, tais como: suinocultura, abatedouro de aves e estação de tratamento de esgotos.

A disseminação do conhecimento gerado neste projeto também foi um dos destaques, corroborando assim, com a publicação de artigos em diversos congressos e conferências nacionais e internacionais. Ressaltam-se seis Unidades de Demonstração que têm como principal propósito embasarem a replicação das ações bem-sucedidas do produto biogás, de âmbito regional para escala nacional e internacional, onde técnicos, estudantes e interessados podem conhecer, na prática, todo o processo, funcionamento, implantação de biodigestores e uso do biogás como vetor energético das propriedades rurais. Atualmente, estas Unidades de Demonstração são monitoradas, para o controle da geração de biogás a partir de efluentes e dejetos, destacando-se as descritas a seguir:

- A Unidade Granja Colombari pertence ao Sr. José Carlos Colombari e localiza-se no município de São Miguel do Iguaçu, no Oeste do Paraná. Esta unidade trabalha com a atividade de suinocultura na fase de terminação, com uma capacidade de produção de 5 mil suínos. A Granja Colombari foi a primeira propriedade rural no Brasil a vender energia elétrica no sistema de geração distribuída, além de sustentar o próprio consumo. Em média são 29 MWh por mês de energia elétrica para venda à COPEL, sendo gerada a partir de 1.000 m<sup>3</sup> diários de biogás.

- A Unidade Industrial de Aves situa-se no município de Matelândia, no Estado do Paraná. A UIA realiza o aproveitamento do biogás gerado pelos efluentes industriais orgânicos do abate de aves, que são convertidos em energia elétrica através da geração distribuída. O volume diário de biogás é em média de 900 m<sup>3</sup>/dia, a partir de dois biodigestores em regime contínuo, que trata aproximadamente 3.150 m<sup>3</sup>/dia de efluentes gerados em seu processo

de produção. Assim, a potência instalada de geração elétrica na unidade é de 160 kVA, capaz de atender à unidade frigorífica nos horários de pico, como das 18 às 22 horas, onde o custo do kWh se torna mais caro.

- A Granja Star Milk desenvolve como principal atividade a pecuária de leite. Atualmente há 900 animais confinados, sendo que 510 estão em processo de lactação, produzindo em média 19.000 litros de leite por dia. A granja destaca-se como uma propriedade sustentável, devido ao aproveitamento dos subprodutos gerados no sistema produtivo, tais como a produção de biogás, a reutilização de água e o processo de compostagem. Ressalta-se que a produção diária de dejetos de bovinos leiteiros é de 150 toneladas com capacidade de gerar 720 m<sup>3</sup> de biogás por dia, que abastece um gerador de 33 kVA, suprimindo 25% da necessidade de energia elétrica da propriedade.

- O Condomínio de Agroenergia Com Biogás Para Agricultura Familiar Ajuricaba está localizado na Microbacia do Rio Ajuricaba, em Marechal Cândido Rondon, no Paraná. No Condomínio há 33 propriedades de agricultura familiar, que tratam sanitariamente 16 mil toneladas por ano de dejetos de suínos e bovinos em sistemas de biodigestores, reduzindo em aproximadamente 80% o potencial de poluição orgânica destes. O biofertilizante é armazenado em esterqueiras para uso nas áreas de produção agrícola e pecuária e o biogás é conduzido por um sistema de gasoduto com extensão total de 25,5 km, interligados à Minicentral Central Termoelétrica (MCT), operada pela Cooperbiogás, uma sociedade cooperativa dos pequenos produtores da região. Na MCT, o biogás é utilizado para a geração de energia elétrica por motor de conversão, como energia térmica em um secador de grãos e para consumo interno da propriedade.

## 7. FATORES DE RISCO

De um modo geral, apesar de um cronograma realista, pode haver atrasos no andamento do projeto em alguns itens, como seguem, porém o objetivo é que, mesmo ocorrendo, esses atrasos não interfiram nos resultados a serem obtidos.

- Licenciamentos, autorizações e licitações;
- Construção dos sistemas de biodigestão;
- Construção do gasoduto e infraestrutura;
- Aquisição e funcionamento de equipamentos.

Em itens específicos do projeto, algumas considerações devem ser feitas a cerca de fatores que podem comprometer o prazo e a execução de algumas etapas, seguindo:

### - Licenciamentos, autorizações e licitações:

- a) O andamento de algumas etapas depende do trâmite de processos de licenciamento e outras autorizações nos órgãos responsáveis, podendo haver atrasos.
- b) A compra de equipamentos e contratações de serviços de terceiros deve seguir regras específicas de licitação, e devido aos trâmites, poderá haver atrasos.

### - Construção do gasoduto e infraestrutura:

- a) Apesar de experiências anteriores, devido à inovação do projeto quanto a extensão do gasoduto pode-se ter problemas de vazamentos, de pressão e obstruções causadas pelo acúmulo excessivo de água oriundo da umidade do biogás.

### - Produção de biogás:

Há a possibilidade de haver variações na quantidade e qualidade do biogás produzidos e conseqüentemente na geração de energia elétrica. Isso poderá ocorrer pelos seguintes

fatores:

- a) O manejo dos dejetos e do sistema de biodigestão interfere na quantidade e qualidade do biogás pela quantidade de água que é adicionada ao sistema durante a limpeza das instalações produtivas, pela execução ou não dos procedimentos corretos de homogeneização dos dejetos e destinação para o biodigestor ou outros fatores. Esse risco será reduzido por meio de capacitações dos produtores e acompanhamento da operação.
- b) O preço da carne suína é estipulado pelo mercado nacional e internacional, e em alguns períodos pode haver uma menor quantidade de animais nas propriedades influenciando também na quantidade de biogás gerado.
- c) Podem ocorrer rupturas ou furos na lona de cobertura dos biodigestores gerando vazamentos que, enquanto não ocorrer a manutenção, poderão afetar a quantidade de biogás enviada para o gasoduto. Esse risco também será reduzido por meio de capacitações dos produtores, acompanhamento da operação e existência de uma empresa de assistência técnica disponível para manutenções.

#### **- Inventário de produção de biogás:**

Existe a possibilidade do inventário não abranger igualitariamente todas as regiões do estado, tendo em vista que para o levantamento dos dados é necessária a participação das cooperativas agroindustriais, e estas podem não se dispor a participar.

#### **- Instrumentação e Monitoramento:**

- a) A logística na entrega de equipamentos adquiridos pode interferir no andamento de algumas etapas do laboratório e do monitoramento das unidades;
- b) Os equipamentos da instrumentação para monitoramento estarão instalados na área rural e sofrerão influência direta das intempéries podendo ocorrer a necessidade de

manutenções com a descontinuidade na aquisição dos dados durante esse momento e na falha dos equipamentos.

- c) Alguns equipamentos comprados para o laboratório de biogás serão importados, podendo haver atrasos devido aos tramites de importação.

### **Tipo de Risco Probabilidade**

Técnico	Médio
Financeiro	Baixo
Atrasos no Cronograma	Médio

## **8. ENTIDADES PARTICIPANTES E PROPRIEDADE INTELECTUAL**

### **Nome Função**

Copel Geração S/A - Proponente

Centro Internacional de Energias Renováveis com ênfase em biogás – CIBIOGÁS -  
Executor

Prefeitura Municipal de Entre Rios do Oeste – Co-executora

### **Propriedade Intelectual**

Os direitos de propriedade serão definidos em contratos específicos entre as entidades que aportarem recursos.



## 9. BIBLIOGRAFIA

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Biomassa. Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2009.
- ANDREADAKIS, A. D. Anaerobic Digestion of Piggery Wastes. Water Science Technology, v. 25, n. 1, p. 9-16, 1992.
- ANGELIDAKI, I.; ELLEGAARD, L. Codigestion of manure and organic wastes in centralized biogas plants. Applied Biochemistry and Biotechnology, V. 109, p. 95-105, 2003.
- BARRERA, P. Biodigestores: Energia, Fertilidade e Saneamento Para a Zona Rural. Sao Paulo: Icone, 1993.
- BILLEN, G. Vicious circle for waste producers. Water & Environment. p. 18-19, nov.1995.
- BLEY JÚNIOR, C.; LIBÂNIO, J. C.; GALINKIN, M.; OLIVEIRA, M. M. Agroenergia da Biomassa Residual: Perspectivas Energéticas, Socioeconômicas e Ambientais. 2. ed. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, Organização das Nações Unidas Para Agricultura e Alimentação, TechnoPolitik, 2009.
- BLEY JÚNIOR, C.; ROLOFF, G. Agroenergia: Economia Rural Sustentável Com Produção de Alimentos e Geração de Energia Com Biogás. In: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. Simpósio Sobre Plantio Direto na Palha. Foz Do Iguaçu: Febrapdp, 2009. 208p.
- BONETT, L. P.; MONTICELLI, C. J. (Ed.). Suínos: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI; Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1998. 243 p. (Coleção 500 Perguntas 500 Respostas).
- CAMARGO, C. C. B. Transmissão de Energia Elétrica: Aspectos Fundamentais. 3. ed. Florianópolis: UFSC, 2006.
- CANAVATE, O.J.;BAADER. W. Biogás as fuel for internal combustion engines. Asae1988.
- CCE – Centro para a conservação de energia. Guia técnico do biogás. Lisboa, Portugal: Paulo santos, Direção Geral de Energia (DGR) 116p, 2000.
- COPPINGER, E.; HERMANSON, R. E.; BAYLON, D. Operation of 390 m3 digester at the Washington Dairy Farm. - ASAE Paper, St. Joseph, n. 78 v. 4566, 1978.
- COPEL – COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. Manual de Acesso de Geração

Distribuída. Norma técnica Copel 905100. 2010.

- COPEL – Companhia Paranaense de Energia. Programa de Geração Distribuída de Energia a Base de Biogás com Saneamento Ambiental. Relatório Técnico Interno. 2008.
- DARTORA, V., PERDOMO, C. C., TUMELERO, I. L., Manejo de Dejetos Suínos. MARCO/1998 Boletim Informativo de Pesquisa – Embrapa Suínos e Aves e Extensão – EMATER/RS.
- CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. Biomassa Para Energia. Campinas: UNICAMP, 2008.
- DREHER, J.H., TOYAMA, J., PAULILLO, G., MIKAMI, L., OLIVEIRA, F. Pequenos Geradores em Paralelo com o Sistema de Distribuição de BT. Revista Eletricidade Moderna, nr 443, pg. 86-91, 2011.
- FEIDEN, A.; REICHEL, J.; SCHWAB, J.; SCHAB, V. Avaliação da eficiência de um biodigestor tubular na produção de biogás a partir de águas residuárias de suinocultura. In AGENER GD, v.1, p.1-7, 2004.
- FERNANDES, D., HACHISUCA, A. M. M., SILVA, F. P., et. al. Projeto Geração Distribuída de Energia Elétrica com Saneamento Ambiental. 1º Simpósio de Bioenergia e Biocombustíveis do Mercosul. Foz do Iguaçu-PR, 2010.
- FERRUZZI, Y., SOUZA, S.N.M., MORAIS, J. Instrumentação para um Sistema de Monitoramento das Grandezas de um Projeto de Cogeração. Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural. UNICAMP, Campinas-SP, 2010.
- FORMENTINI, D., COSTANZI, R. N., PASSOS NETO, A., MORAES, J., HASHISUCA, A. M., PAULILLO, G., Water conservation and reuse in poultry slaughterhouse of Matelandia-PR Brasil A case Study, 14th RAMIRAN International Conference - Recycling Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture Network, Lisboa Portugal, 2010.
- GIAMPIETRO, M. G.; CERRETELLI, G.; PIMENTEL, D. Energy Analysis of Agricultural Ecosystem Management: Human Return and Sustainability. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 38, n. 3, p. 219-244, 1992.
- GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento. 3 ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.
- IEA – Bioenergy - Task 24: Energy from biological conversion of organic waste.

International Agency of Energy, Paris, France, 2000.

- IEEE – The Institute of Electrical and Electronics Engineers. IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems. IEEE 1547. 2003.
- INEE – Instituto Nacional de Eficiencia Energética. Geração Distribuída e Conexão ao sistema elétrico: Proposta de revisão da Resolução ANEEL 281/99. Fórum de Cogitação e Geração Distribuída. Novembro de 2001.
- IPCC – Guidelines for national greenhouse gas inventories. Cap. 06 – Wastewater treatment and discharge, 2006.
- KOELSCH, R.; JEWELL, W. Cogeneration of electricity and heat from biogas St. Joseph. ASAE Paper, v. 82, n. 3621, 1982.
- KONZEN, E. A. Manejo e utilização de dejetos de suínos. Brasília, DF: Embrapa Suínos e Aves, 1980. (Circular técnica, 6).
- KOSSMANN, W.; HABERMEHL, S.; HOERZ, T.; KRAMER, P.; KLINGLER, P.; KELLNER, C.; WITTUR, T.; - KLOPOTEK, F. V.; KRIEG, A.; EULER, H.. Biogas Digest. ISAT. Disponível em: <http://www.gtz.de/de/dokumente/en-biogasvolume1.pdf>
- KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. Aproveitamento de Dejetos de Animais para Geração de Biogás. Revista de Política Agrícola, ano XV, n. 3. Brasília, jul./ago./set. 2006.
- LA FARGE, B. Le Biogaz - Procédés de Fermentation Méthanique. Paris: Masson, 1979.
- LORA, E.E.S., HADDAD, J. Geração distribuída – Aspectos tecnológicos, ambientais e institucionais. Rio de Janeiro: Ed. Interciencia, 2006.
- LUCAS JÚNIOR, J. Aproveitamento Energético de Resíduos da Suinocultura. In: Energia, Automação e Instrumentação. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 81.