

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA CADEIA PRODUTIVA DO BIOGÁS**

PEDRO HÖFIG

**VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DO BIOGÁS PARA
MOBILIDADE NA FAZENDA CÓRREGO AZUL**

MONOGRAFIA

MEDIANEIRA

2019

PEDRO HÖFIG

**VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DO BIOGÁS PARA
MOBILIDADE NA FAZENDA CÓRREGO AZUL**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de especialista em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira.

Orientadora: Dr^a.Janaina Camile
Pasqual Lofhagen

MEDIANEIRA

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva
do Biogás



TERMO DE APROVAÇÃO

VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DO BIOGÁS PARA MOBILIDADE NA FAZENDA CÓRREGO AZUL

Por
PEDRO HÖFIG

Esta monografia foi apresentada às 16h do dia 3 de maio de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^ª. Dra Janaina Camile Pasqual Lofhagen
UTFPR - Campus Medianeira
(Orientadora)

Prof. MSc Felipe Martins Damaceno
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof^ª. MSc. Natali Nunes dos Reis da Silva
Centro Internacional de Energias Renováveis

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

Ao povo brasileiro:
não há injustiça que dure para sempre.

Agradecimentos

A todos e a todas que lutam pelas causas perdidas. Agradeço!

A minha orientadora pela disponibilidade em enriquecer o trabalho. Agradeço!

À UTFPR por ser pública e pelo comprometimento com o conhecimento científico. Agradeço!

Ao Glauco e ao Tiago Broetto pela ajuda técnica. Agradeço!

Ao senhor Cícero Bley por dedicar grande parte de sua vida na luta para que o biogás transforme os rincões deste país. Agradeço!

A minha mãe e ao meu pai pelo incessante apoio nas decisões da vida. Agradeço!

Aos meus filhos, fontes de inspiração e de esperança por um mundo melhor. Agradeço!

À Julia, exemplo de competência em tudo que faz, por sua dimensão poética da vida e por, nos momentos de minha indispensável ausência, desempenhar a função de mãe e pai. Agradeço!

“Que o ser humano, em lugar de ir na busca do ouro, na busca da fama ou mal gastando sua força produtiva em labores infrutíferos, escolha a melhor parte: a cooperação pacífica na pesquisa e descobrimento do rumo das forças naturais com o fim de desenvolver produtos nutritivos e o aprazível deleite das frutas que a terra pode produzir em abundância para todos”

RESUMO

HÖFIG, Pedro. Viabilidade econômica do uso do biogás para mobilidade na fazenda Córrego Azul. 2019. 38 folhas. Monografia (Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.

Ao se considerar os resíduos como insumos, uma série de possibilidades de valorização converge para os mesmos objetivos: a diminuição dos custos, a adequação ambiental e a qualificação do trabalho humano. Quando resíduos orgânicos são submetidos ao processo de digestão anaeróbia visando sua estabilização para controlar problemas ambientais, um dos produtos criados é o biogás, que é fonte de energia térmica, elétrica e combustível veicular. Este trabalho objetivou analisar se é viável economicamente utilizar o biogás como combustível veicular para abastecer a frota da fazenda Córrego Azul, localizada no Mato Grosso do Sul. A viabilidade de longo prazo para o projeto foi realizada para um período de 10 anos. No caso dos investimentos, foi considerada a pressuposição de que os principais investimentos foram feitos no ano zero, como se fossem desembolsados os recursos necessários aos processos produtivos de uma só vez. Por simetria, foi vendido todo o estoque de capital inicial da empresa no final do último ano do horizonte considerado. Foram analisados três cenários, considerando diferentes produções de biogás e diferentes distância de transporte do produto. Em um cenário onde se utiliza o biogás de duas granjas e, por isso, se tem um maior investimento com o sistema de transporte e armazenamento de biogás, o Valor Presente Líquido e o Valor Presente Líquido Anualizados são positivos, mas a Taxa Interna de Retorno (TIR) ficou abaixo da taxa mínima de atratividade. No caso de se instalar o sistema de refinamento e abastecimento ao lado do biodigestor de uma granja, todos indicadores melhoram e a TIR fica acima da taxa mínima de atratividade, o que indica ser a melhor escolha para rentabilidade patrimonial do projeto.

Palavras chaves: biometano; sustentabilidade; energia; suinocultura

ABSTRACT

HÖFIG, Pedro. Economic viability of the use of biogas for mobility in the Córrego Azul farm. 2019. 38 number of sheets. Monography (Specialization in Technologies of the Biogas Production Chain). Federal Technological University of Paraná, Medianeira, 2019.

When considering waste as an input, some valorization possibilities converge: reduction of costs, environmental preservation and qualification of human resources. When organic wastes are submitted to the anaerobic digestion process in order to stabilize them and control environmental problems, one of the products generated is the biogas. This work aimed to analyze if it is economically viable to use biogas as vehicular fuel to supply the farm fleet. The long-term viability for the project considered a period of 10 years. In the case of investments, it was considered that the main investments were made in year zero (start) as if the resources needed for the productive processes were disbursed at one time. By symmetry, the company's entire initial capital stock was sold at the end of the last year under consideration. Three scenarios were analyzed. In a scenario where the biogas from two stables is used and there is a greater investment with the biogas transport and storage system, the Net Present Value is positive, but the Internal Rate of Return (IRR) was lower than the minimum attractiveness rate. In the case of installing the refining and supply system next to the biodigester of one stable, all indicators improve and the IRR is above the minimum rate of attractiveness, which indicates to be the best choice for the project's equity return.

Keywords: biomethan; sustainability; energy; pig production

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Área de Estudo.....	19
Figura 2 - Projeto de gasoduto incluindo granjas Progresso e Conquista.....	23
Figura 3 - Projeto de gasoduto incluindo apenas granja Progresso.....	26
Figura 4 - Projeto com microposto instalado ao lado da granja Conquista.	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Potencial de Produção de Biogás e biometano.....	22
Tabela 2 - Indicadores econômicos para o cenário um.....	24
Tabela 3 - Indicadores econômicos para o cenário dois.	25
Tabela 4 - Indicadores econômicos para o cenário três.....	28

LISTA DE SIGLAS

ABC: Agricultura de Baixo Carbono

ABIOGÁS: Associação Brasileira de Biogás e do Biometano

ANP: Agência Nacional do Petróleo

CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento

GNV: Gás Veicular Natural

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MAPA: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

PR: Paraná

SENAR: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

TIR: Taxa Interna de Retorno

VPL: Valor Presente Líquido

VPLa: Valor Presente Líquido Anualizado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo Geral.....	13
1.2.1 Objetivos Específicos	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 O biogás	14
2.2 Biometano: o biogás para mobilidade	15
2.2 A viabilidade econômica.....	16
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	19
3.1 Estudo de caso	19
3.2 Coleta de dados.....	20
3.3 Análise dos dados	20
4 Resultados e discussão.....	22
5 Conclusão.....	31
REFERÊNCIAS	32
Apêndice 1 - Fluxo de caixa para o cenário um	35
Apêndice 2 - Fluxo de caixa para o cenário dois.....	36
Apêndice 3 - Fluxo de caixa para o cenário três	37

1 INTRODUÇÃO

A busca pela sustentabilidade nos sistemas produtivos passa pela valorização dos resíduos orgânicos de origem animal e vegetal. Ao se considerar os resíduos como insumos, uma série de possibilidades de valorização converge para os mesmos objetivos: a diminuição dos custos, a adequação ambiental e a qualificação do trabalho humano. Quando resíduos orgânicos são submetidos ao processo de digestão anaeróbia visando sua estabilização para controlar problemas ambientais, um dos produtos criados é o biogás (DROSG et al., 2015).

Sendo assim, o biogás amplia a vocação do meio rural originalmente voltada somente para produção de alimentos, pois propicia a geração de energia (elétrica, térmica e veicular), além do biofertilizante. O biogás, ao contrário do álcool da cana de açúcar e de óleos extraídos de outras culturas, não compete com a produção de alimentos em busca de terras disponíveis, já que pode ser inteiramente obtido de resíduos agrícolas (BARREIRA, 2011). Considerando-o como um produto energético e, portanto, de valor econômico intrínseco, e agregando suas externalidades positivas pelos serviços ambientais, sanitários e sociais que proporciona, o biogás deve ser visto como um componente dos processos de adequação verdadeiramente gerador de renda, como um dos insumos mais importantes de suas estruturas de custos de qualquer atividade: a energia (ABILOGÁS, 2018).

A fazenda Córrego Azul, situada em Brasilândia/MS, é produtora de aproximadamente 70 mil suínos e o tratamento dos dejetos são realizados em seis biodigestores. O biogás tratado é transportado por 10 km de gasoduto até a minicentral de geração de energia elétrica, com potência instalada de 500 kW. No entanto, dois biodigestores não estão ligados a esta rede de gasoduto e seu biogás não é aproveitado. Este produto, purificado e convertido em biometano, pode ser usado no abastecimento veicular da frota desta propriedade rural

Desta forma, espera-se a opção pela introdução de um novo combustível para mobilidade, originado de uma fonte atualmente desperdiçada, num contexto de produção local. Para tanto, é necessário que se faça um estudo de viabilidade econômica, tendo em vista que a falta de informação é reconhecidamente uma das principais barreiras para o desenvolvimento do setor nacional de biogás, já que aumenta a sensação de risco de investidores, financiadores e produtores de biogás.

1.1 JUSTIFICATIVA

A fazenda Córrego Azul utiliza parte de seu biogás para geração de energia elétrica. Toda esta energia é consumida na própria propriedade. Uma vez que o investimento pedido pela concessionária de energia da região, como adequações e reformas em linhas de transmissão com custo aproximado de R\$1,5 milhões, inviabilizou o uso da modalidade geração distribuída, outra forma de se utilizar parte deste biogás seria como gás veicular, já que, atualmente, dois biodigestores estão fora do sistema de produção de geração de energia elétrica. Ademais, destaca-se a ampliação da segurança energética da propriedade, ao depender menos de fontes externas.

Atualmente, o biogás excedente é queimado em *flares*, quando poderia ser derivado a uma refinaria para obtenção do biometano. Em casos que isto já acontece, está se verificando que a opção pela produção de biometano agrega até quatro vezes mais valor por metro cúbico de biogás produzido do que aquele utilizado na energia elétrica (ABIOGÁS, 2018).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade econômica de utilizar o biogás já produzido na propriedade rural como combustível veicular para abastecer a frota da fazenda.

1.2.1 Objetivos Específicos

- a) Diagnosticar o potencial de produção de biogás;
- b) Estimar o potencial de produção de biometano;
- c) Levantar investimentos necessário para que esse biogás esteja apto para uso com mobilidade;
- d) Quantificar custos fixos e variáveis para operar o sistema.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O biogás

O biogás tem sua origem em decomposições da matéria orgânica que ocorrem na ausência de oxigênio. A substância orgânica é convertida em biogás por bactérias em várias etapas nos biodigestores. Além da quantidade de oxigênio, as condições de temperatura, acidez, nutrientes e homogeneidade do substrato influenciam diretamente na produção do biogás. As principais aplicações energéticas do biogás são a energia térmica, energia elétrica e a mobilidade. Como benefícios ambientais, ressalta-se que o biogás é um indutor do tratamento correto de efluentes e da redução da emissão de gases de efeito estufa. Socialmente, nota-se que o produto biogás constitui uma cadeia de demandas e suprimentos, sendo geradora e estimuladora de diversos empregos. Economicamente, ocorre a redução de custos com a substituição de energéticos ou aumento de receitas com sua venda (BLEY-JÚNIOR et al, 2009).

O Brasil, desde os primórdios de sua história, demonstra que possui um gigantesco potencial econômico no setor do agronegócio. Todavia, por mais incomum que pareça, por meio do gerenciamento de resíduos, os espaços rurais podem incorporar outras vocações que não seja a produção de alimentos. Para tanto, basta ver em algum excedente de sua produção uma reutilização. O biogás, contudo, é subvalorizado pelo planejamento energético nacional, tendo em vista a tradicional pequena escala de produção. Ignora-se, entretanto, o fato de ser um produto versátil, o que pode criar uma nova dimensão econômica, tornando-se uma nova parte da economia rural (BLEY-JÚNIOR, 2015). Portanto, o biogás é uma fonte energética renovável local e isso deve ser visto como uma vantagem.

Constata-se que os amplos espaços rurais abrigam diferentes recursos energéticos em situação distribuída, capazes de receber instalações de geração e distribuição, assim como as próprias atividades econômicas que se desenvolvem sobre esses espaços e que produzem biomassa residual como resultante de suas operações. Especialistas mundiais em energia convergem para a necessidade de se ir além dos grandes sistemas instalados pelo mundo a fora, tanto em relação aos

sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, quanto aos sistemas de obtenção, refino, transporte e distribuição de combustíveis. Sugere-se que o modelo “geral para local”, ou centralizado, deva ser complementado com “modelos local para local” distribuído, ou descentralizado. Neste sentido, os atuais consumidores (propriedades rurais) seriam transformados em “prosumidores” (produtores/consumidores), utilizando-se dos recursos energéticos naturais renováveis locais (BLEY-JÚNIOR & OLIVEIRA, 2017).

É necessário que a humanidade abandone a forma de crescimento econômico não sustentável, centralizado, intensivo em capital e ineficiente energeticamente, e vá gradativamente encontrando um modelo de crescimento descentralizado, desenvolvido tecnologicamente, menos capital-intensivo e altamente eficiente no aproveitamento energético (HEFFNER III, 2007).

Os que estudam nosso planeta, de forma global, sabem que vivemos hoje mais uma “crise de combustíveis” do que exatamente uma “crise de energia”, como se convencionou chamar. A energia disponível na face da Terra e que não é aproveitada seria suficiente para sustentar a humanidade em crescimento por tempo indefinido (BARREIRA, 2011).

2.2 Biometano: o biogás para mobilidade

O biogás é uma mistura gasosa composta principalmente de gás metano (CH_4), gás carbônico (CO_2), gás sulfídrico (H_2S) e água (H_2O) (BARREIRA, 2011). O biometano, resultante do refino do biogás, é um gás combustível renovável e limpo, de propriedades físicas e composição química idênticas ao gás natural, o que lhe confere condições técnicas de substituir o gás de origem fóssil em todas as aplicações e segmentos de consumo (ABILOGÁS, 2018).

Isto é, para uso do biogás como combustível veicular, existe a necessidade de remoção de alguns de seus componentes, tais como: umidade, ácido sulfídrico (H_2S), dióxido de carbono (CO_2) e partículas (ADNETT, 2000).

No processo de purificação do biogás é importante retirar o CO_2 até que a porcentagem de metano fique próxima à do gás natural, para que possa ser utilizado para os mesmos fins. De acordo com a ANP (Agência Nacional de Petróleo) na Portaria 8 de 30 de janeiro de 2015, o biometano é um biocombustível gasoso

constituído essencialmente de metano, derivado da purificação do biogás. Segundo a ANP, com a resolução 685 aprovada no dia 9 de junho de 2017, a porcentagem mínima de metano no gás natural para uso veicular deve ser de 90% e a máxima de CO₂ é de 3%.

A remoção de CO₂ do biogás é uma operação unitária em que um componente da mistura é dissolvido em um líquido e em carbonato de potássio, hidróxido de cálcio, hidróxido de sódio, entre outros. Dentre os métodos físicos, destacam-se os crivos moleculares, separação por membranas e colunas de absorção. Os métodos físicos são os mais conhecidos e utilizados devido à fácil regeneração dos reagentes utilizados na absorção (WONG & BIOLETTI, 2002).

Um dos principais fundamentos do uso do biogás e do biometano é a promoção de uma sinergia entre o tratamento de resíduos e a geração de energia renovável. A vertente ambiental impacta diretamente o setor agropecuário, uma vez que o tratamento adequado de resíduos permite um melhor uso da terra e expande o potencial para a criação de animais, além de demonstrar a oportunidade de mudança de matriz de combustível das frotas de veículos pesados de diesel para biometano. O desenvolvimento de uma cadeia descentralizada de biocombustível estimulará a inteligência técnica potencialmente aplicada no planejamento e projetos, a mão de obra especializada em montagem e manutenção de biorefinarias e beneficiará a indústria de processos de produção, como biodigestores e outros componentes, assim como, e de maneira especial, a indústria automotiva, cujos produtos movidos a biometano só não são oferecidos ao mercado brasileiro por não encontrarem aqui as necessárias soluções de oferta descentralizada de biometano (ABILOGÁS, 2018).

Portanto, em uma propriedade rural, é necessário uma microbiorrefinaria, que receba biogás bruto produzido em um biodigestor e o refine para produzir biometano em pequenos volumes, visando o abastecimento de veículos de transporte pessoal, de cargas e de equipamentos agrícolas.

2.2 A viabilidade econômica

É essencial estudar as alternativas de investimentos e optar pela melhor solução antes de efetuá-los. Os instrumentos que se destacam para calcular a

viabilidade econômica consideram descontos de valor ao longo do tempo, numa sucessão de entradas e saídas de caixa (fluxo de caixa). A questão consiste na conversão de uma quantia atual numa série de pagamentos futuros e vice-versa (SENAR/PR, 2014).

O Valor Presente Líquido (VPL), o Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa), o Payback e a Taxa Interna de Retorno (TIR) são métodos conhecidos e utilizados para a análise de viabilidade econômica e que auxiliam o processo de tomada de decisão.

O VPL é a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos (SILVA & FONTES, 2005), descontado a taxa de juros determinada pelo mercado ou mesmo aquela implementada pelo governo com taxas subsidiadas (SENAR/PR, 2014), expresso por:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - C_0$$

Em que FC é o fluxo de caixa naquele período, t é a quantidade de tempo que o dinheiro foi investido no projeto, i é a taxa de desconto e n é a duração do projeto.

Já o VPLa transforma o valor atual do projeto ou o seu VPL em fluxo de receitas ou custos periódicos e contínuos, equivalentes ao valor atual, durante a vida útil do projeto (SILVA & FONTES, 2005), utilizado em comparações entre atividades com diferentes períodos de produção (SENAR/PR, 2014), dado por:

$$VPLa = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - C_0$$

A TIR é a taxa de desconto que iguala o valor atual das receitas futuras ao valor atual dos custos futuros do projeto, constituindo uma medida relativa que reflete o aumento no valor do investimento ao longo do tempo, com base nos recursos requeridos para produzir o fluxo de receitas (SILVA et al., 2002). Matematicamente, a TIR é a taxa (j^*) que torna o valor presente líquido do projeto igual a zero (LAPPONI, 2000):

$$\sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+j^*)^t} - C_0 = 0$$

O Payback é um dos métodos mais simples: consiste, basicamente, em determinar o número de períodos necessários para recuperar o capital investido (NOGUEIRA, 1997). Isto é, o tempo necessário para que o somatório das parcelas

anuais seja igual ao investimento inicial (CASAROTTO FILHO & KOPITTKKE, 1994). Assim, quanto maior for o Payback, mais incerta será a recuperação do capital investido.

Como os recursos de um corpo social como um todo ou de uma empresa em particular são escassos, é preciso escolher onde estes recursos serão alocados de maneira a contribuir da melhor forma possível para o empresário e para a sociedade. O ótimo para a sociedade é que os recursos produtivos sejam alocados da maneira mais eficiente possível, evitando-se desperdícios. Geralmente, um investimento só deve ser feito se ele gerar resultados maiores do que uma aplicação alternativa (PERES et al., 2010).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Estudo de caso

Foi realizada uma pesquisa na área das ciências sociais aplicadas. Dentro desta área de conhecimento, ela situou-se na pesquisa aplicada, já que se teve a finalidade de gerar conhecimento para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos e locais, envolvendo um estudo de caso. Isto é, descreveu-se a situação do contexto em que foi feita a investigação, buscando explicar as variáveis causais em situações específicas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos (GIL, 2008).

A área de estudo, denominada fazenda Córrego Azul, situa-se no município de Brasilândia/MS (Figura 1) e dista aproximadamente 350 km da capital do estado, Campo Grande, e 730 km de São Paulo. A área atinge um total de 11 mil ha.

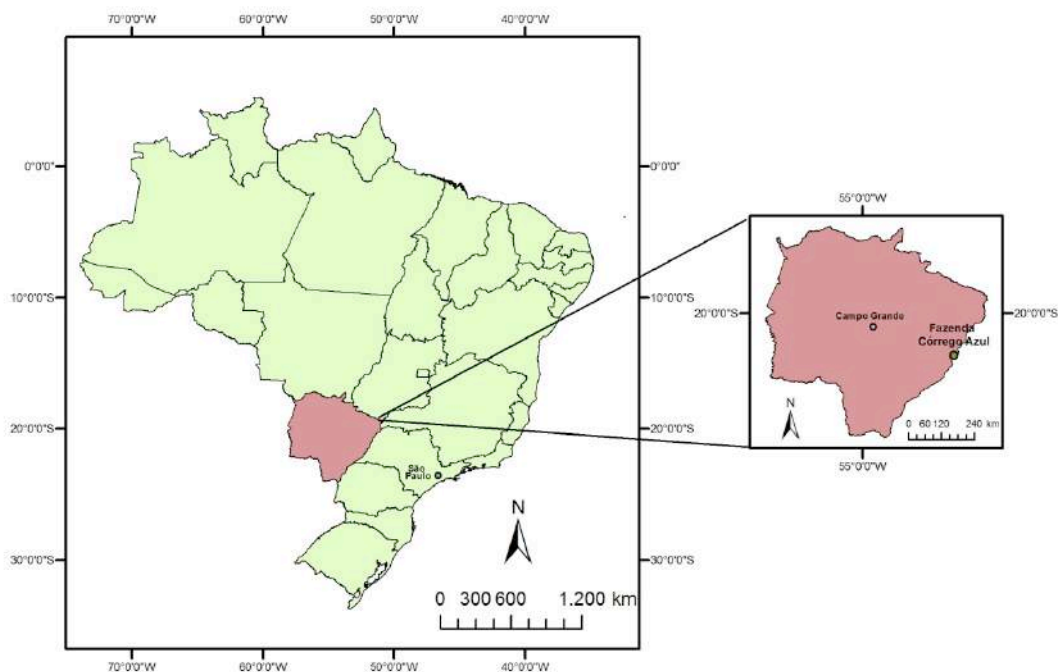


Figura 1 - Localização da Área de Estudo.
Fonte: IBGE, 2018. Org.: o autor.

O clima local, de acordo com a classificação de Köppen, é denominado como Aw, isto é, clima tropical do Brasil central com um a três meses secos (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007). O total de precipitação pluviométrica é de

aproximadamente 1350 mm. Os três meses menos chuvosos do ano são junho, julho e agosto (média de 35 mm por mês), ao passo que a maior concentração de chuvas ocorre de outubro a março.

A área de estudo localiza-se sobre a grande estrutura da Bacia Fanerozóica do Paraná e sobre a unidade do relevo dos Planaltos e Chapadas da bacia do Paraná, com uma altitude média de 350 m (ROSS, 2008). Os solos, em geral, são classificados como Latossolos Vermelhos (LEPSCH, 2002). Em campo, nota-se também a presença de Neossolos Quartzarênicos.

A vegetação natural é classificada como Cerrado (CONTI & FURLAN, 2008). A vegetação remanescente é a do cerradão, mas verifica-se em alguns locais faixas de transição de mata atlântica, assim como constatado por Ab'Sáber (2003).

3.2 Coleta de dados

Embora existam inúmeros estudos nos quais se tem informações referentes à cálculos de produção de biogás tendo como matéria prima o dejetos de suínos, como Kunz e Oliveira (2006), optou-se por utilizar dados primários, já que se trata de um produto que tem sua produção alterada de acordo com a realidade local. Isto é, a propriedade já possui quatro biodigestores onde já se mede a produção de biogás e, neste caso, ocorre a produção 0,1m³ de biogás/cabeça de suíno em terminação e 0,2m³ biogás/cabeça matriz.

Para os custos de implantação do projeto de uso do biogás como fonte combustível veicular foram empregados dados levantados com fornecedores e informações já existentes na propriedade. A mesma estratégia foi usada para realizar o fluxo de caixa do projeto, caracterizando as entradas e saídas.

Não foi considerado o investimento nos biodigestores, uma vez que, por questões de legislação, eles já existem independente deste projeto.

3.3 Análise dos dados

A viabilidade de longo prazo para o projeto foi realizada para um período de 10 anos. No caso dos investimentos, foi considerada a pressuposição de que os principais investimentos foram feitos no ano zero, como se fossem desembolsados os recursos necessários aos processos produtivos de uma só vez. Por simetria, foi

vendido todo o estoque de capital inicial da empresa no final do último ano do horizonte considerado.

No tocante ao capital físico, foi adaptado à metodologia da CONAB (2010). Assim, foram depreciadas todas máquinas e equipamentos em 15 anos, com valor residual de 20%.

Além disso, foram calculadas as variações das estimativas de receitas e despesas ao longo deste período. Segundo a ANP (2015), o biometano produzido a partir de produtos e resíduos pecuários, agrícolas e agroindustriais deve ser tratado de maneira análoga ao gás natural veicular (GNV), inclusive em termos de valoração econômica e usos, desde que atenda às especificações técnicas da ANP 08/2015. Sendo assim, como receita, foi calculado o preço médio do m³ de GNV em Três Lagoas/MS em outubro de 2018 (ANP, 2018); como despesas, foram consideradas os custos operacionais do microposto, onde se refina o biogás e se realiza o abastecimento.

Foram prospectados três cenários, nos quais alteram-se essencialmente a produção de biogás e a distância de seu transporte. As análises de viabilidade foram realizadas a partir dos valores de fluxo de caixa do projeto. A taxa de juros escolhida foi a de 7,5%, a mesma existente para investimento no programa de Agricultura de Baixo Carbono (ABC) do plano agrícola da safra (MAPA, 2017). Com isso, tal taxa foi definida como a Taxa Mínima de Atratividade, na qual se baseou para avaliação de retorno e atratividade em projetos de investimento (CASAROTTO-FILHO, 2002).

Com o VPL e VPLa do projeto, foi encontrada a viabilidade econômica. Isto é, foi comparado o modo como projeto desenvolve suas atividades com o fluxo de caixa com um rendimento líquido de 7,5%. Com a TIR foi verificado se a rentabilidade patrimonial do projeto é abaixo ou acima do custo de oportunidade do capital para o empresário, entendendo que o custo de oportunidade são as remunerações que são descartadas para a realização do investimento. Já com o Payback apurou-se o número de períodos necessários para recuperar o capital investido.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A viabilidade econômica consiste em identificar se os saldos líquidos acumulados do projeto são positivos ao longo do tempo (PERES et al., 2010). O estudo de mercado combinado à engenharia do projeto permitiu gerar seu fluxo de caixa.

As granjas Conquista, com 9.087 animais em terminação, e Progresso, com 2.448 matrizes, possuem potencial de produção de 1.398 m³/dia de biogás (Tabela 1), o que resultaria em 839 m³/biometano/dia, considerando um biogás com 65% de metano e a necessidade de se atingir 96,5% deste gás.

Considerou-se como investimento um valor médio de R\$5.000/kit GNV/veículo, englobando sete carros, cinco motos, três caminhões e um trator. Para o sistema de transporte e armazenamento de gás, foi considerado o valor de R\$ 65.000/km de gasoduto. O investimento conjecturado no microposto foi de R\$150.000,00, seu custo operacional foi de R\$0,60/m³ de biometano produzido e, a receita, de R\$2,79/m³ de biometano.

Tabela 1 - Potencial de Produção de Biogás e biometano.

Unidade	Potencial de produção de biogás (m ³)		
	Diário	Mensal	Anual
Conquista	908,7	27.261,0	331.675,5
Progresso	489,6	14.688,0	178.704,0
Total Biogás	1398,3	41.949,0	510.379,5
Total Biometano (m ³)	839,0	25.169,4	306.227,7

Fonte: o autor.

No cenário um (Figura 2 e Apêndice 1), para o sistema de transporte e armazenamento de biogás contemplou-se 3.322 m de tubulação PEAD, dois sopradores, um abrigo para cada uma dessas máquinas, um gasômetro, além de medidores de vazão e outros acessórios, totalizando o investimento de R\$215.930,00 para levar o biogás até a oficina agrícola da fazenda. Vale ressaltar que as informações referentes aos investimentos e custos operacionais foram levantadas juntos aos fornecedores e também baseadas na experiência do sistema de transporte de gás já existente na propriedade, uma vez que o detalhamento

técnico não constitui objetivo deste estudo, porém é fundamental o dimensionamento dos custos e receitas imprescindíveis na análise econômica.

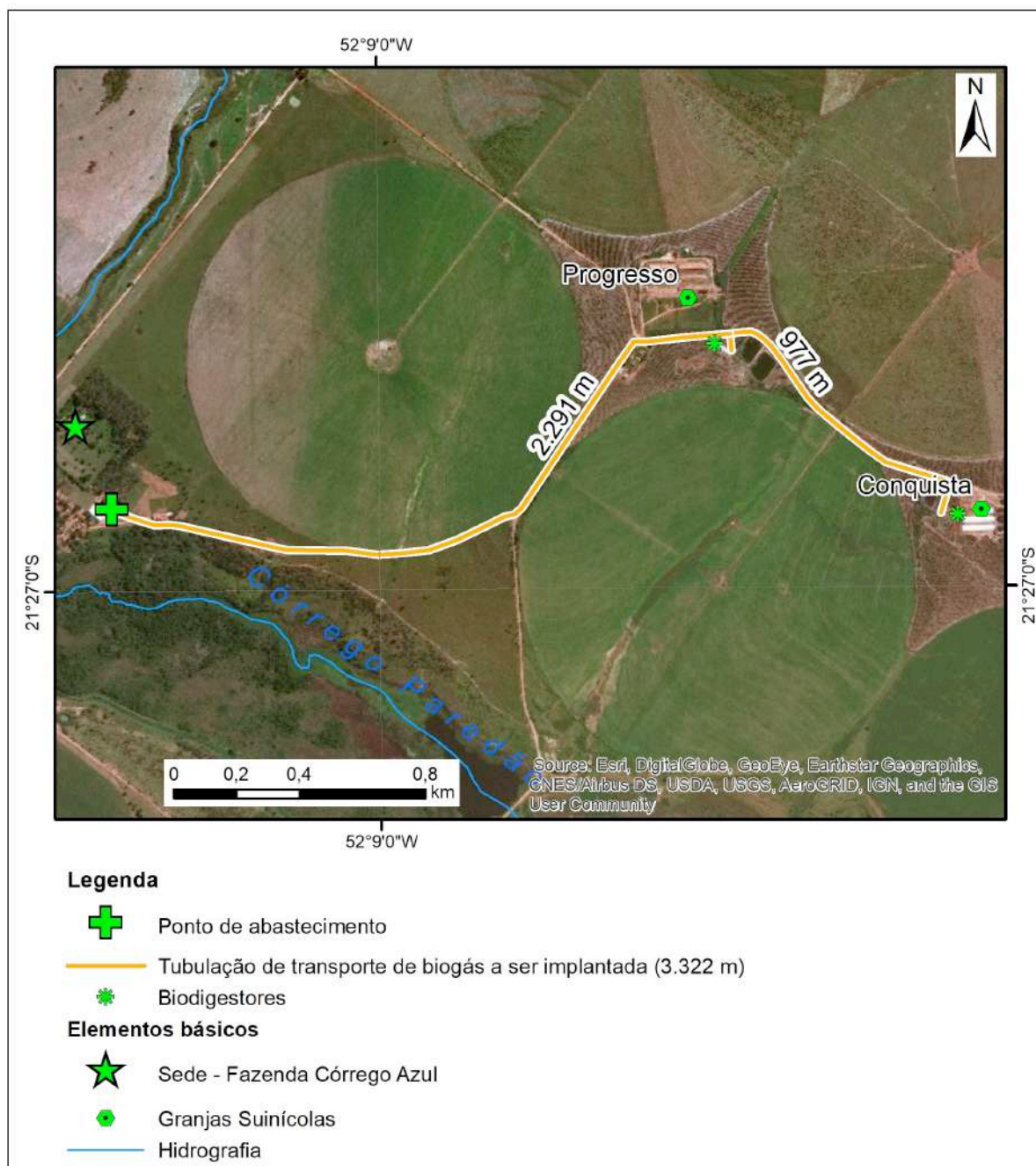


Figura 2 - Projeto de gasoduto incluindo granjas Progresso e Conquista.
Fonte: o autor.

A velocidade de abastecimento direto no veículo é de $6,2 \text{ m}^3/\text{h}$ e o consumo médio por veículo é de $13,8 \text{ km}/\text{m}^3$. Portanto, tal velocidade de abastecimento limitaria o consumo diário para apenas $49,6 \text{ m}^3$ de biometano, considerando oito

horas diárias de abastecimento. Sendo assim, este deve ser o valor de produção de biometano a ser estimado, o que renderia autonomia de 684,5 km/dia.

Contudo, tal realidade de limitação de abastecimento de biometano alterou a dinâmica do projeto: não faz sentido tamanha produção de biogás para produzir no máximo 49,6 m³/biometano/dia. Trata-se de uma situação de como se a oferta de biogás fosse maior que a demanda. A primeira solução seria encontrar outro sistema de refinamento e abastecimento que se conseguisse abastecer maior quantidade por dia, mas outros produtos são extremamente caros, distantes da realidade de uma propriedade rural. Ainda assim, com esta realidade de abastecimento, o negócio pode ser visto como viável economicamente, com um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 147.579,78, Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa) de R\$ 21.500,30 e Payback de 7,38 anos (Tabela 2).

Tabela 2 - Indicadores econômicos para o cenário um.

Indicador	Valor
VPL	R\$ 147.579,78
VPLa	R\$ 21.500,30
TIR	5%
Taxa mínima de atratividade	7,50%
Payback	7,38
Fluxo médio	R\$ 60.457,83

Fonte: o autor.

Sendo assim, o VPL maior que zero indicou que o projeto é economicamente viável, já que seus ganhos foram maiores que o investimento necessário para implantá-lo (CASAROTTO-FILHO & KOPITCKE, 1994). Se o VPL é maior do que zero, deve-se aceitar o projeto, ou seja, a empresa vai obter um resultado maior do que seu custo de capital; mas, se o VPL é menor do que zero, o projeto deverá ser rejeitado, ou seja, o retorno do investimento é inferior ao mínimo esperado (GITMAN, 2001). O VPLa tem a mesma interpretação do VPL e representa o ganho do negócio distribuído em valores equivalentes anuais.

No entanto, a deficiência comum do VPL e do VPLa, para expressar o retorno do investimento, reside no fato de ambos o expressarem em valores monetários absolutos e não em valores relativos, como é usual no mercado (KREUZ et al., 2008). A Taxa Interna de Retorno (TIR) de apenas 5%, abaixo da taxa mínima de atratividade considerada (7,5%), pode sugerir que o negócio não deve ser considerado. A TIR é uma taxa de desconto hipotética que, quando aplicada a um

fluxo de caixa, faz com que os valores de despesas, trazidos ao valor presente, sejam iguais aos valores dos retornos dos investimentos, também trazidos ao valor presente. A regra de decisão sugere que a taxa obtida deve ser maior que as taxas de juros do mercado financeiro para o mercado agrícola (ROSS et al., 1995). Alguns autores sugerem que os investimentos devem ser considerados rentáveis e passíveis de análise apenas se a TIR for maior que a taxa mínima de atratividade (CASAROTTO-FILHO & KOPITKE, 1994; SOUZA & CLEMENTE; 1997).

Neste sentido, buscou-se um novo modelo de negócio: considerou-se apenas a granja Progresso como produtora de biogás. Assim, no cenário dois, o investimento com o sistema de transporte e armazenamento de biogás, para levar o biogás até a oficina agrícola da fazenda, diminuiria para R\$146.835 (Figura 3 e Apêndice 2). Os outros investimentos, bem como as despesas e as receitas, não se alterariam, já que apenas esta unidade suinícola é capaz de produzir 294 m³/biometano/dia, isto é, muito além do limite de 49,6 m³/biometano/dia de abastecimento. Com esta realidade, os indicadores de viabilidade econômica foram mais positivos (Tabela 3). Porém, a TIR encontrada, que expressa valor relativo, foi de 7%, ainda menor que o custo de oportunidade ou taxa mínima de atratividade escolhida.

Tabela 3 - Indicadores econômicos para o cenário dois.

Indicador	Valor
VPL	R\$ 181.859,47
VPLa	R\$ 26.494,37
TIR	7%
Taxa mínima de atratividade	7,50%
Payback	6,58
Fluxo médio	R\$ 57.233,39

Fonte: o autor.

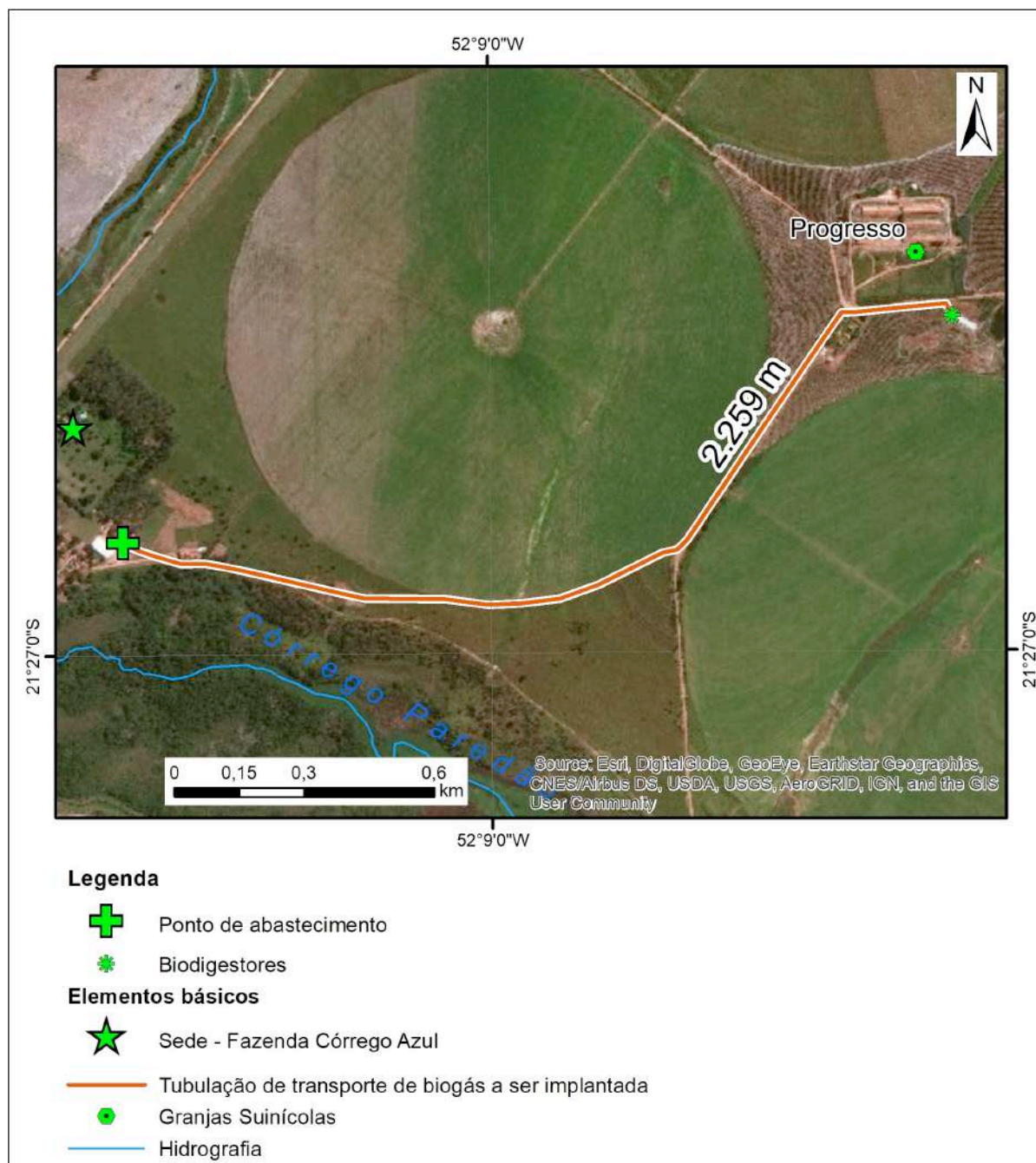


Figura 3 - Projeto de gasoduto incluindo apenas granja Progresso.
Fonte: o autor.

Com isso, no cenário três (Figura 4 e Apêndice 3) notou-se que, economicamente, o melhor para rentabilidade patrimonial do projeto seria a instalação do microposto ao lado do biodigestor da granja Conquista, o que diminuiria o investimento com o sistema de transporte e armazenamento de gás para apenas R\$7.280,00. O operacional da fazenda, contudo, seria diretamente afetado, já que toda a equipe de campo se situa na oficina agrícola da propriedade.

Com esta realidade, os indicadores de viabilidade econômica foram os melhores (Tabela 4).

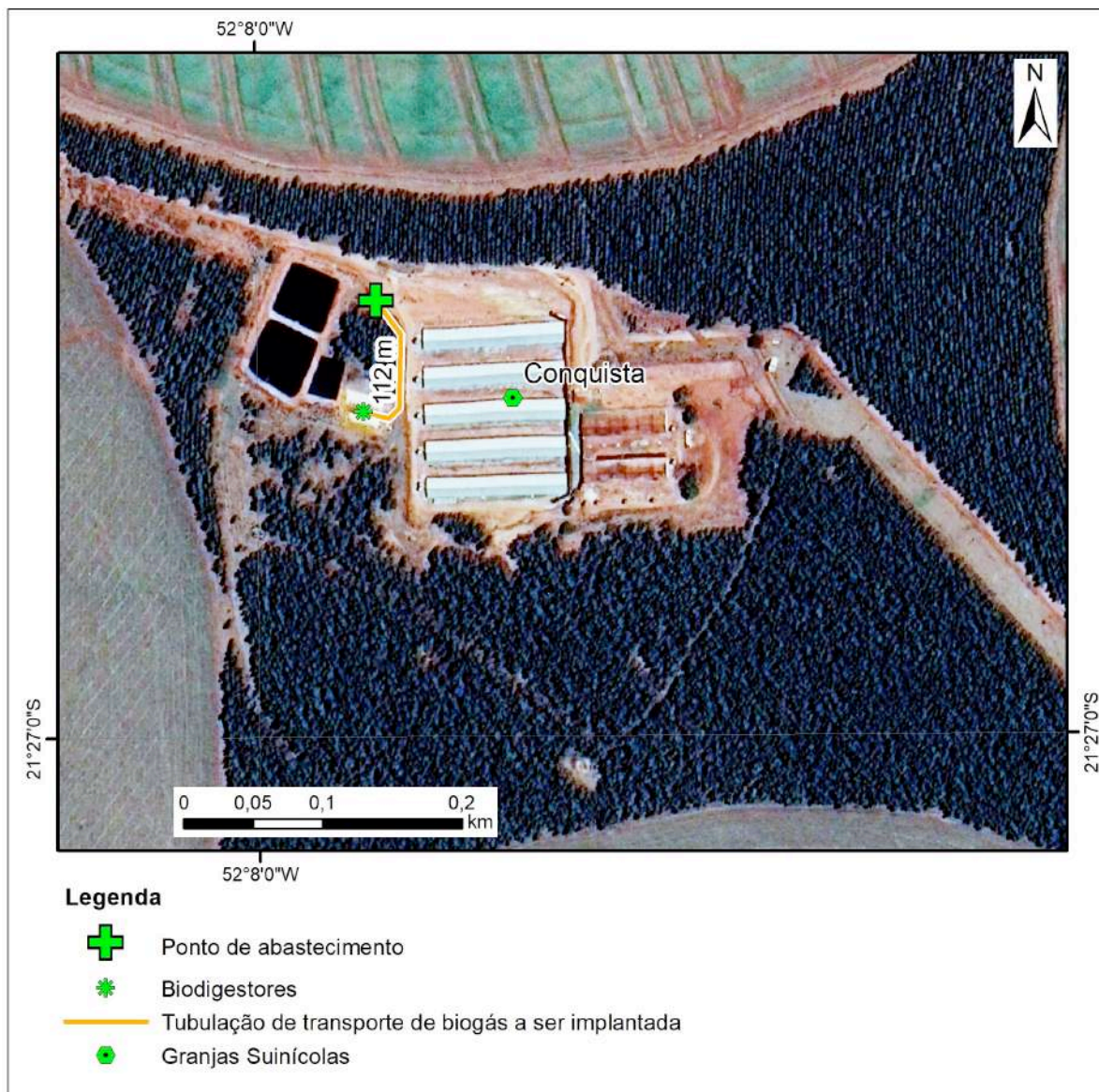


Figura 4 - Projeto com microposto instalado ao lado da granja Conquista.
Fonte: o autor.

Portanto, a comparação do modo como a empresa desenvolverá suas atividades com o fluxo de caixa com um rendimento líquido de 7,5% revelou a viabilidade do negócio. Leva-se ao entendimento de que produzir e utilizar biometano é uma atividade rentável para propriedades que usam com eficiência as inovações e as tecnologias mais apropriadas.

Tabela 4 - Indicadores econômicos para o cenário três.

Indicador	Valor
VPL	R\$ 251.096,06
VPLa	R\$ 36.581,16
TIR	14%
Taxa mínima de atratividade	7,50%
Payback	4,53
Fluxo médio	R\$ 50.720,83

Fonte: o autor.

Baseado na TIR de 14% e com a taxa mínima de atratividade de 7,5%, infere-se que a produção de biometano nestas circunstâncias é um negócio rentável. Ou seja, se verificou que o negócio tem capacidade de se pagar e usar o biometano para mobilidade pode ter um melhor custo de oportunidade do que a aplicação do investimento no mercado financeiro. Esta TIR é semelhante a encontrada por Gomes e Piacenti (2016), em estudo realizado na bacia do Lajeado Grande, região de Toledo/PR, envolvendo um projeto de biogás para combustível veicular, oriundo de aves, bovinos e suínos de diversas propriedades familiares e 34,5 km de biogasoduto. Neste trabalho, porém, a velocidade de abastecimento não foi considerada um fator limitante na receita.

Entretanto, nota-se que, em nosso estudo, o ideal seria aproveitar toda a produção de biogás destas granjas suinícolas. Este produto deve ser utilizado de alguma outra forma, como energia térmica ou elétrica. Esta análise, todavia, foge do escopo deste trabalho, mas sabe-se que em uma situação onde a oferta é maior que a demanda interna, a comercialização para terceiros é o melhor caminho. Neste sentido, concordando com Leitão e Silva (2018), o tempo de retorno do investimento em projetos de biogás torna-se atrativo com a intensificação do uso do sistema.

Em suas pesquisas, Coldebella et al. (2008) e Cervi et al. (2010) demonstram que o sistema de produção de biogás é potencialmente viável do ponto de vista econômico. Ressalta-se, porém, a dificuldade de se comparar projetos com montantes de investimentos distintos. Além disso, existe dificuldade de se encontrar estudos brasileiros de viabilidade econômica para uso do biogás como combustível veicular. Em contrapartida, há alguma diversidade de trabalhos sobre a utilização deste produto para geração de energia elétrica. No entanto, nestes estudos não se usam a TIR como indicador de viabilidade e nem o VPLa; apenas VPL e Payback, como os estudos de Esperancini et al. (2007), Souza et al. (2004) e Martins e

Oliveira (2011). Não é adequado comparar valores de VPL. Com este indicador, projetos grandes, que envolvem um grande montante de investimento inicial, tendem a apresentar um VPL superior a projetos menores, mesmo que estes projetos grandes não sejam necessariamente melhores em termos relativos. Ademais, o biogás é um produto que permite diversos arranjos tecnológicos e financeiros, de acordo com a realidade local, o que dificulta as comparações.

Esperancini et al. (2007) avaliaram o uso do biogás produzido pelos dejetos de suínos na substituição de fontes de energia em um assentamento rural. No uso domiciliar, o biogás foi aproveitado como gás de cozinha, aquecimento de água e iluminação. A recuperação do investimento ocorreu em 2,5 anos. Na produção, a energia foi utilizada em distintos equipamentos e o investimento foi recuperado em 11 meses.

Souza et al. (2004) concluíram que a viabilidade do sistema de geração energia com uso de biogás da suinocultura depende da tarifa e da demanda. Com a tarifa de R\$ 190,00 MWh⁻¹, o tempo de recuperação do investimento, considerando o desconto da taxa de juros, foi de 5 anos. Martins e Oliveira (2011) chegaram a valores de 26 a 104 meses de retorno do investimento para geração de energia elétrica a partir do biogás da suinocultura, de acordo a variação na tarifa de energia e no modelo de negócio escolhido.

Destaca-se, ainda, que, em todo caso, uma nova alternativa, para ser utilizada pelo produtor, deve trazer, necessariamente, algumas vantagens adicionais em relação àquelas em uso. Em geral, espera-se que, entre estas, encontre-se a econômica. Mas esta, sendo uma condição necessária, não é suficiente. Neste enfoque é necessário que cada nova alternativa, antes de ser difundida, deva ser analisada em um contexto envolvendo aspectos técnicos, econômicos, sociais e familiares. Logo, fica evidente que uma nova proposta a ser apresentada para os produtores rurais não deve ser encaminhada somente com base em critérios quantitativos. É necessário, portanto, avaliar também os critérios qualitativos que caracterizam objetivos implícitos dos produtores rurais. A melhor decisão a ser adotada é aquela que apresenta o mais alto retorno financeiro; existem, contudo, muitas outras situações em que os aspectos econômicos financeiros não são os mais relevantes. A decisão é tomada em função de critérios considerados subjetivos, mas que são, de qualquer forma, relevantes (DOSSA, 2000).

Neste sentido, a operacionalização do sistema, a segurança energética e autossuficiência da propriedade ganham peso. Consumir o que se produz resulta em menos desperdícios e maior eficiência. Essas questões não entram na conta dos indicadores econômicos, mas, com certeza, são contabilizadas na hora de se tomar a decisão de investir ou não investir.

A possibilidade de se mobilizar recursos energéticos locais que complementem os sistemas centrais oferece longevidade aos grandes sistemas baseados na centralização e determina novos arranjos produtivos locais, tornando-se uma ferramenta de inclusão social. E isso não só se fundamenta nos custos crescentes determinados pelas perdas físicas e econômicas dos grandes sistemas, mas também na necessidade imperiosa de se estabelecer a redução de impactos ambientais relacionados com as formas de produzir e usar energias, que tendem a utilizar fontes fósseis emissoras de gases do efeito estufa.

Nota-se, com isso que o biodigestor, além de produzir gás, limpa os resíduos não aproveitáveis de uma propriedade agrícola e gera fertilizantes. Por isso, é considerado por alguns como poço de petróleo, uma fábrica de fertilizantes e uma usina de saneamento, unidos em um mesmo equipamento (BARREIRA, 2011).

5 CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados obtidos neste estudo, verificou-se que em todos cenários considerados, a receita não se altera, já que o alcance de abastecimento diário de biometano, devido à velocidade, é um fator limitante.

Em um cenário onde se utiliza o biogás das duas granjas e, por isso, se tem um maior investimento com o sistema de transporte e armazenamento de biogás, o Valor Presente Líquido (VPL) e o Valor Presente Líquido Anualizados (VPLa) são positivos, mas a Taxa Interna de Retorno (TIR) ficou abaixo da taxa mínima de atratividade. Já em uma situação na qual se usa apenas o biogás da granja Progresso, o VPL e o VPLa são ainda mais positivos e a TIR ficou mais próxima do custo de oportunidade considerado.

Entretanto, no caso de se instalar o sistema de refinamento do biogás e abastecimento dos veículos ao lado do biodigestor da granja Conquista, todos indicadores melhoram e a TIR fica acima da taxa mínima de atratividade, o que indica ser a melhor escolha para rentabilidade patrimonial do projeto. Contudo, embora esta seja a melhor escolha econômica, isso dificultaria o operacional da fazenda, pois toda a equipe de campo situa-se em sua oficina agrícola. Ademais, concluiu-se que existem outros fatores que não entram na conta da viabilidade econômica, mas são considerados na tomada de decisão do produtor rural, como a segurança energética e autossuficiência da fazenda.

Para um setor rural rentável e permanente, é essencial que se use um combustível intrínseco deste setor, isto é, um combustível que é parte integrante de seu sistema de produção.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê, 2003.
- ABILOGÁS – Associação Brasileira de Biogás e do Biometano. **Proposta de Programa Nacional de Biogás e do Biometano**. São Paulo: ABILOGÁS, 2018.
- ADNETT. **Anaerobic Digestion of Agro-Industrial Wastes: Information Networks**. Technical Summary on Gas Treatment. Netherlands, 2000. 31p.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo. *Resolução n° 685, de 29 de junho de 2017. 11p.*
- ANP – Agência Nacional do Petróleo. *Portaria 8, de 30 de janeiro de 2015. 9p.*
- ANP – Sistema de Levantamento de Preços. Disponível em: http://anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Estado_Municipio.asp Acesso em 22 de Outubro de 2018.
- BARREIRA, P. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para zona rural**. São Paulo: Ícone, 2011.
- BLEY-JÚNIOR, C. J. **Biogás: a energia invisível**. Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2015.
- BLEY-JÚNIOR, C. J.; OLIVERIA, C. D. de. **Microgrid rural: uma alternativa sustentável para a transição energética em regiões rurais**. São Paulo: Schneider Electric, 2017.
- BLEY-JÚNIOR, C. J. et al. **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais**. Foz do Iguaçu/ Brasília: Technopolitik Editora, 2009.
- CASAROTTO-FILHO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos**. São Paulo: Editora Atlas S/A, 1994.
- CASAROTTO FILHO, N. **Projeto de negócio: estratégias e estudos de viabilidade – redes de empresas, engenharia simultânea, plano de negócio**. São Paulo: Atlas, 2002.
- CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T.; BUENO, O. C. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica. **Engenharia Agrícola**, 2010 p. 831-844.
- COLDEBELLA, A. SOUZA, S.N.M.; FERRI, P.; KOLLING, E.M. Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Informe Gepec**, v. 12, n. 2, 2008.

CONAB. **Custo de produção agrícola**: a metodologia da Conab. Brasília, 2010.

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geoeologia: o clima, os solos e a biota. In: ROSS, J. L. S. (org). **Geografia do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

DOSSA, D. **A decisão econômica num sistema agroflorestal**. Colombo, 2000. (Embrapa Florestas. Circular técnica 39).

DROSG, B.; FUCHS, W.; AL SEADI, T.; MADSEN, M.; LINKE, B. **Nutrient Recovery by Biogas Digestate Processing**. IEA Bioenergy, ISBN 978-1-910154-16-8 (eBook electronic edition),2015. 40 p.

ESPERANCINI, M.S.T.; COLEN, F.; BUENO, O. de C.; PIMENTEL, A.E.B.; SIMON, E.J. Viabilidade técnica e econômica da substituição de fontes convencionais de energia por biogás em assentamento rural do Estado de São Paulo. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.110-118, 2007.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa**. 6. ed. São Paulos: Atlas, 2008. 200p.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GOMES, A. C. A.; PIACENTI, C. A. A Viabilidade Econômico-Financeira do Biogás para Uso Veicular na Região de Toledo, Paraná **REVISTA PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO**, Curitiba, v.37, n.130, p.83-97, jan./jun. 2016.

HEFFNER III, R. A. **The age of energy gases**: China's opportunity for global energy leadership. Oklahoma City: The GHK Company, 2007.

IBGE – Instituto Brasileira de Geografia e Estatística – Disponível em http://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/ . Acesso em 25 de outubro de 2018.

KREUZ, C. L.; SOUZA, A.; CLEMENTE, A. Custo de produção, expectativas de retorno e de riscos do agronegócio mel no planalto norte de Santa Catarina, **Custo e @gronegócio on line**, v. 4, n.1 – jan/abr, 2008.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P.A.V. Aproveitamento de dejetos animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v.15, n.3, p.28-35, 2006.

LAPPONI, J.C. **Projetos de investimento**: construção e avaliação do fluxo de caixa – modelos em Excel. São Paulo, Lapponi, 2000.378p.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LEITÃO, F. O.; SILVA, W. H. da. Geração de energia e renda a partir do tratamento dos resíduos da suinocultura. **IGepec**, Toledo, v. 22, n.1, p. 116-132, jan./jun. 2018.

MAPA. **Plano agrícola e pecuário: 2017/2018**. Brasília: BINAGRI: 2017.

MARTINS, F. M.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura, **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.31, n.3, p.477-486, maio/jun. 2011

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

NOGUEIRA, E. Análise de investimentos. In: BATALHA, M. O. (Coord.). **Gestão agroindustrial: GEPAI- Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais**. São Paulo: Atlas, 1997. p.223-288.

PERES, F. C.; HIRONAKA, G. M. F. N.; CANZIANI, J. R.; GUIMARÃES, V. di A.; OLIVEIRA, M. M. C. de. **O programa empreendedor rural**. Curitiba: SEBRAE/PR e SENAR/PR, 2010.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração Financeira**. São Paulo: Editora Atlas S/A, 1995.

ROSS, J. L. S. Os fundamentos da Geografia da natureza. In: ROSS, J. L. S. (org). **Geografia do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

SENAR/PR. **Trabalhador na administração de empresas agrosilvipastoris**. Gestão Rural volume 1. SENAR/PR, Curitiba, 2014.

SILVA, M. L.; FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Equivalente (VAE) e Valor Esperado da Terra, **R. Árvore**, Viçosa/MG, v. 29, n.6, p. 931-936, 2005.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 178 p.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1997.

SOUZA, S.N.M.; PEREIRA, W.C.; NOGUEIRA, C.E.C.; PAVAN, A.A.; SORDI, A. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor-gerador utilizando biogás da suinocultura. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.26, n.2, p.127-133, 2004.

WONG S.; BIOLETTI R. **Carbon Dioxide Separation Technologies**. Carbon & Energy Management, Canadá, 14p. 2002.

