

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

ROBERTO KIYOSHI ADANIYA

**ESTIMATIVA DO POTENCIAL BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE
BIOGÁS ATRAVÉS DA BIODIGESTÃO DA VINHAÇA E SEUS
ASPECTOS PRÁTICOS E ECONÔMICOS DENTRO DO CONTEXTO
DA RENOVABIO NA VISÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO**

MONOGRAFIA

MEDIANEIRA

2019

ROBERTO KIYOSHI ADANIYA

**ESTIMATIVA DO POTENCIAL BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE
BIOGÁS ATRAVÉS DA BIODIGESTÃO DA VINHAÇA E SEUS
ASPECTOS PRÁTICOS E ECONÔMICOS DENTRO DO CONTEXTO
DA RENOVABIO NA VISÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO**

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.

Aluno: Roberto Kiyoshi Adaniya

Orientadora: Prof^a. Dra. 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

ESTIMATIVA DO POTENCIAL BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS ATRAVÉS DA BIODIGESTÃO DA VINHAÇA E SEUS ASPECTOS PRÁTICOS E ECONÔMICOS DENTRO DO CONTEXTO DA RENOVABIO NA VISÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO.

por

Roberto Kiyoshi Adaniya

Esta Monografia foi apresentada em 04 de maio de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^ª. Dra. Dra. Janaina Camile Pasqual Lofhagen
UTFPR – Câmpus Medianeira (orientadora)

Prof MSc. Felipe Souza Marques
Membro titular

Prof^ª. Dra. Simoni Spohr Venzon
UTFPR – Câmpus Medianeira

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

Dedico este trabalho à memória de meu pai e de meus antepassados que acreditaram no sonho do “Novo Mundo” nesta terra adorada chamada Brasil.

AGRADECIMENTOS

A Deus por mostrar o caminho e dar a força e a coragem para vencer os obstáculos.

Agradeço aos professores e tutores da UTFPR e também aos colegas de turma pelo apoio e companheirismo no decorrer do curso.

E finalmente, o mais importante que é o apoio da família, de minha esposa Márcia e da compreensão de meus filhos Henry e Enzo pelos longos momentos de ausência durante a realização deste curso.

“Tudo o que um sonho precisa para ser realizado é alguém que acredite que ele possa ser realizado.”

(ROBERTO SHINYASHIKI)

RESUMO

ADANIYA, Roberto Kiyoshi. Estimativa do potencial brasileiro de produção de biogás através da biodigestão da vinhaça e seus aspectos práticos e econômicos dentro do contexto da Renovabio na visão do setor sucroalcooleiro. 2019. 53 folhas. Monografia (Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.

No atual cenário do setor sucroalcooleiro, na safra 2018/19 o setor gerará o equivalente a aproximadamente 361,4 milhões de m³ de vinhaça como resíduo de seu processo industrial e destinados quase que em sua totalidade para a fertirrigação. A vinhaça, além de servir como fertilizante, rico em micronutrientes, pode servir também como substrato para a produção de biogás utilizando biodigestores anaeróbicos. No entanto, observamos que apesar do longo histórico de produção deste setor, não existem casos de sucesso comercial na produção de biogás da vinhaça. O RenovaBio, decreto do Governo Federal que institui a nova Política Nacional de Biocombustíveis, traz talvez uma oportunidade para incentivar a produção de biometano. Esta pesquisa investigou os motivos pelas quais o setor sucroalcooleiro não investiu em projetos de produção de biogás da vinhaça em larga escala e decifrar quais as barreiras, desafios, incertezas e riscos que afloraram durante o estudo de viabilidade e também na operação de plantas piloto. A investigação procurou entender se o RenovaBio, na visão do setor produtivo sucroalcooleiro, é uma oportunidade para investir na produção de biogás e consequentemente investir em sua purificação para produzir o biometano de acordo com as diretrizes e regulamentações do RenovaBio. Buscou-se identificar, de acordo com a visão do Setor Sucroalcooleiro, a viabilidade tecnológica, econômica, financeira, considerando que não há no Brasil projetos de produção em larga escala de biogás da vinhaça que possam ser considerados modelos consolidados e que possam servir de benchmarking e serem replicados por outras empresas do Setor Sucroalcooleiro.

Palavras-chave: Biometano. Biocombustível. Bioenergia. Energia renovável. CBIO.

ABSTRACT

ADANIYA, Roberto Kiyoshi. Estimation of the Brazilian potential of biogas production through vinasse biodigestion and its practical and economic aspects within the context of RenovaBio from the view of the sugar and alcohol industry. 2019. number of sheets. Monography (Specialization in Technologies of the Biogas Production Chain). Federal Technological University of Paraná, Medianeira, 2019.

In the current scenario of the sugar and alcohol sector, in the 2018/19 harvest the sector will generate the equivalent of approximately 361.4 million m³ of vinasse as waste from its industrial process and destined almost entirely for fertigation. Vinasse, besides serving as fertilizer, rich in micronutrients, can also serve as a substrate for the production of biogas using anaerobic biodigesters. However, we observe that despite the long production history of this sector, there are no cases of commercial success in the production of biogas from the vinasse. RenovaBio, a decree of the Federal Government that establishes the new National Biofuels Policy, perhaps presents an opportunity to encourage the production of biomethane. This research investigated the reasons why the sugar and alcohol industry did not invest in large scale vinasse biogas production projects and to decipher the barriers, challenges, uncertainties and risks that emerged during the feasibility study and also in the operation of pilot plants. The research sought to understand whether RenovaBio, in the view of the sugar and alcohol production sector, is an opportunity to invest in the production of biogas and consequently invest in its purification to produce biomethane in accordance with the RenovaBio guidelines and regulations. To identify, according to the view of the Sugar and Alcohol Sector, the technological, economic and financial feasibility, considering that there are no large-scale biogas production projects in Brazil that can be considered consolidated models and that can be benchmarked and replicated by other companies of the Sugar and Alcohol Sector.

Keywords: Biomethane. Biofuel. Bioenergy. Renewable energy. CBIO.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa das Regiões Produtoras de Cana-de-Açúcar.....	22
Figura 2: Fases de um Estudo de Viabilidade.....	26
Figura 3: VPL em Função da Taxa de Desconto.....	31
Figura 4: Matriz SWOT.....	33
Figura 5: Rotas Potenciais de Produção de Biogás e Biometano.....	34
Figura 6: Co-Biodigestor da Geo Energética.....	36
Figura 7: Lona Sendo Instalada no Biodigestor da Usina Ester.....	36
Figura 8: Planta de Biodigestão da Usina São João.....	37
Figura 9: Planta de Biodigestão da Usina São Martinho.....	37
Figura 10: Barreiras para Implantação de Projetos de Biogás.....	40
Figura 11: Análise SWOT de Investimento em Produção de Biogás de Vinhaça.....	42
Figura 12: Potencial de Produção de Produtos Derivados do Biogás.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição Típica do Biogás.....	21
Tabela 2: Vantagens e Desvantagens do Payback Simples.....	28
Tabela 3: Vantagens e Desvantagens do Payback Descontado.....	28
Tabela 4: Vantagens e Desvantagens da TIR.....	32
Tabela 5: Histórico da Biodigestão de Vinhaça no Brasil.....	35
Tabela 6: Entrevistados.....	38
Tabela 7: Estudos de Viabilidade versus Projetos Implantados.....	38
Tabela 8: Motivos para investir em produção de Biogás.....	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	JUSTIFICATIVA.....	14
1.2	OBJETIVO GERAL.....	15
1.3	Objetivos Específicos.....	15
2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....	16
2.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA.....	16
2.2	TIPO DE PESQUISA.....	17
2.3	COLETA DE DADOS.....	17
2.4	ANÁLISE DE DADOS.....	18
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
3.1	O BIOGÁS E O BIOMETANO.....	19
3.1.1	Digestão Anaeróbica.....	19
3.1.2	Biodigestor Anaeróbico.....	20
3.1.3	O Biogás e o Biometano.....	20
3.2	O SETOR SUCROALCOOLEIRO.....	21
3.2.1	A Atividade Sucroalcooleira no Brasil.....	21
3.2.2	Resíduos da Atividade Sucroalcooleira.....	23
3.3	O RENOVABIO.....	23
3.4	ESTUDO DE VIABILIDADE.....	25
3.4.1	PayPayback.....	27
3.4.2	Valor Presente Líquido (VPL).....	29
3.4.3	Taxa Interna de Retorno (TIR).....	30
3.4.4	Análise SWOT.....	32
4	RESULTADOS DA PESQUISA.....	34
4.1	Potencial Brasileiro de Produção de Biogás e Biometano da Vinhaça.....	34
4.2	Histórico da Biodigestão da Vinhaça no Brasil.....	35
4.3	ENTREVISTAS.....	38
4.3.1	Perfil dos Entrevistados.....	38
4.3.2	Estudos de Viabilidade Versus Projetos Implantados.....	38
4.3.3	Motivos para Investir em Produção de Biogás.....	39
4.3.4	Barreiras para Implantação de Projetos de Biogás.....	40

4.3.5 Possibilidades Pós Implantação de Projetos de Biometano.....	42
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE.....	49

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um País de destaque internacional quando se refere à produção de etanol e mais especificamente na utilização deste combustível em toda a sua frota de carros Flex, movidos tanto a gasolina como a etanol, ou com uma mistura destes dois combustíveis. Segundo a União da Indústria de Cana de Açúcar (UNICA, 2018) a safra brasileira 2018/19 de cana de açúcar deverá atingir 641 milhões de toneladas e serão produzidos 27,8 milhões de m³ de etanol. O processo industrial para produzir este volume de etanol gera também diversos resíduos industriais, dos quais os principais são: bagaço de cana, torta de filtro, palhas de cana e vinhaça. O bagaço de cana é utilizado principalmente como combustível para mover as caldeiras gerando vapor e energia elétrica, a torta de filtro pode ser utilizada como adubo ou também ração animal, a palha de cana que fica no campo serve como cobertura vegetal para proteger o solo e ajuda na manutenção da qualidade e da umidade do solo e temos a vinhaça que é utilizada principalmente na fertirrigação ao redor das usinas.

Dentre os resíduos citados, cabe especial atenção à vinhaça devido ao volume produzido. De acordo com Salomon, cada litro de etanol produzido gera o equivalente a 13 litros de vinhaça (SALOMON, 2017). Considerando o volume de 27,8 milhões de m³ de etanol para a safra 2018/19, temos a geração equivalente de 361,4 milhões de m³ de vinhaça. Segundo a pesquisadora Bruna de Souza Moraes, do CTBE (Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Etanol), “Se toda a vinhaça do Brasil fosse biodigerida, o potencial de geração de energia elétrica no país seria equivalente a 7,5% da capacidade da hidrelétrica de Itaipu (SILVEIRA, 2018)”.

Apesar do enorme volume de vinhaça disponível, não há biorreatores em operação que possam processar este volume de vinhaça (SILVEIRA, 2018). Somente em agosto de 2018 é que a Raízen anunciou um investimento de R\$ 153 milhões para construir a primeira usina elétrica de grande escala no Brasil movida a biogás (RAMOS, 2018). Segundo a Raízen, a unidade consumirá 100 milhões de litros de vinhaça e 9 mil toneladas de torta de filtro que são gerados para a produção de cerca de 8 milhões de litros de etanol (RAMOS,2018).

Em consonância com a crescente consciência mundial para a mitigação das emissões dos gases do efeito estufa, o Governo Brasileiro promulgou em 15 de março de 2018, o Decreto Lei Nº 9.308/2018 (BRASIL, 2018) que estipula as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis de que trata a Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017 (BRASIL, 2017), que instituiu o RenovaBio, a nova Política Nacional de Biocombustíveis.

O RenovaBio tem como estratégia reconhecer o papel estratégico dos biocombustíveis na matriz energética brasileira, expandindo a produção, baseada na previsibilidade, na sustentabilidade ambiental, econômica e social, e compatível com o crescimento do mercado (MME, 2018). Os biocombustíveis diretamente contemplados pelo programa são todos os utilizados na matriz de transporte que sejam comercializados por distribuidoras, tais como etanol, biodiesel, bioquerosene e biometano. Não há no programa preferência por um biocombustível específico, sendo que a preferência será pelos mais eficientes em termos energéticos e ambientais.

Segundo Gabriel Kropch (GODOI, 2018), vice-presidente da Abiogás (Associação Brasileira de Biogás e Biometano), apesar do biometano estar contemplado no RenovaBio, o biogás não está ainda diretamente inserido como elegível aos créditos de descarbonização CBIO, entretanto a entidade está em discussões pois considera que:

... o biogás deveria ser reconhecido também como uma medida elegível para a emissão e geração desses créditos". "O biogás se enquadra perfeitamente dentro de todos os critérios de geração renovável e com características diferentes, pois é armazenável e por isso pode ser considerada energia firme e despachável quando necessária. (GODOI, 2018)

No atual cenário do setor sucroalcooleiro, observamos que apesar do longo histórico de produção deste setor produtivo, não existem muitos cases de investimento na produção de biogás da vinhaça, tanto que a quase totalidade da vinhaça é destinada à fertirrigação. O RenovaBio trouxe a possibilidade do biometano, entretanto, a purificação do biogás para o biometano também é um processo adicional que exige investimento, o que impacta diretamente no retorno do

investimento. A questão que fica, diante do novo cenário, é será que as empresas do setor consideram que o RenovaBio é uma oportunidade para se investir na produção de biogás e conseqüentemente na purificação para produzir o biometano de acordo com as diretrizes e regulamentações do RenovaBio? Outrossim, fica a questão, por que ainda hoje a destinação majoritária da vinhaça é a fertirrigação? Quais as barreiras que existem para a produção de biogás da vinhaça em larga escala no Brasil?

1.1 JUSTIFICATIVA

Todo empreendimento ou novo investimento, antes de ser consolidado, passa por uma fase de estudo da sua viabilidade, no qual são analisadas as barreiras existentes nos ambientes político, regulatório, econômico, tecnológico, social, ambiental e cultural. A consciente análise destes ambientes permite decidir se o momento é apropriado para assumir o risco do investimento, podendo inclusive antecipar cenários ou problemas futuros. No setor sucroalcooleiro não existem casos concretos de produção em larga escala de biogás gerado da vinhaça, o que leva a crer que provavelmente os estudos de viabilidade levantaram possíveis barreiras para a execução destes projetos. Na tomada de decisão para investir em determinado projeto podemos elencar como fatores relevantes:

- ✓ A análise da viabilidade econômica e financeira;
- ✓ O cenário político e econômico;
- ✓ A previsibilidade de futuros cenários do setor;
- ✓ Alinhamento com a estratégia da empresa;
- ✓ A disponibilidade de linhas de crédito;
- ✓ Existência de incentivos governamentais;
- ✓ *Benchmarking* de projetos semelhantes;
- ✓ Tecnologias consolidadas;
- ✓ TMA (Taxa Mínima de Atratividade);
- ✓ Custo de oportunidade;
- ✓ Risco do investimento;

- ✓ Análise do *Payback*;

O presente trabalho de pesquisa investigou os motivos pelas quais o setor sucroalcooleiro não investiu em projetos de biogás da vinhaça e quais foram as barreiras encontradas. Talvez o momento não era apropriado para a inserção do biogás naquele instante, entretanto as variáveis mudam com o tempo, nada é estático. O mundo empresarial é dinâmico e a cada alteração de alguma das variáveis afeta diretamente a análise do investimento, sendo necessário reavaliar todas os cenários e possibilidades no novo cenário. O RenovaBio, as novas tecnologias e a consciência ambiental podem estar apontando um novo cenário com novas possibilidades para o início da produção em larga escala do biogás da vinhaça no Brasil.

1.2 OBJETIVO GERAL

Identificar, de acordo com a visão do Setor Sucroalcooleiro, a viabilidade tecnológica, econômica e financeira da geração de biogás e biometano dentro do contexto da RenovaBio, tendo como substrato a vinhaça da cana-de-açúcar, considerando que não há ainda casos concretos de produção em larga escala de biogás da vinhaça que possam ser considerados modelos consolidados que podem ser replicados por outras empresas do Setor Sucroalcooleiro.

1.2.1 Objetivos Específicos

- a) Analisar opiniões e informações com representantes do setor sucroalcooleiro em relação à produção de biogás e biometano da vinhaça;
- b) Identificar, de acordo com o resultado das entrevistas e da pesquisa bibliográfica, as principais barreiras para a implantação de um projeto de produção de biogás e biometano da vinhaça;

- c) Mapear as iniciativas que existem ou existiram para a produção de biogás e biometano da vinhaça;
- d) Identificar o ponto de equilíbrio econômico e financeiro para um projeto de produção de biogás e de biometano;
- e) Estimar o potencial brasileiro de produção de biogás e biometano;
- f) Comparar a competitividade do biogás e do biometano da vinhaça em relação a outras opções de combustíveis e biocombustíveis;
- g) Detectar, do ponto de vista estratégico, quais são os fatores chave na tomada de decisão em um investimento na produção de biogás e biometano da vinhaça no setor sucroalcooleiro.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Nesta seção são descritos os procedimentos metodológicos para se alcançar os objetivos deste trabalho de pesquisa dentro de uma lógica que permita alcançar o objetivo final deste trabalho (GIL, 2010). Conforme Vergara, a existência do método permite “realizar o objetivo da pesquisa, seja ele descrever, explicar, descobrir, compreender, predizer determinado fenômeno”. Ainda segundo Gil (GIL, 2010), a pesquisa é desenvolvida com base em conhecimentos disponíveis e também da utilização de métodos e técnicas de investigação científica.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DA PESQUISA

Em relação aos dados do Setor Sucroalcooleiro, foram utilizados dados disponibilizados por diversos órgãos governamentais, assim como da UNICA, a União da Indústria da Cana-de-Açúcar.

Os dados relacionados às entrevistas foram obtidos de empresas localizadas nos Estados de São Paulo e Alagoas.

2.2 TIPO DE PESQUISA

Em relação aos objetivos, a presente pesquisa pode ser classificada como exploratória no sentido de explorar uma situação para prover maior compreensão sobre os seus motivos (GIL, 2010). Além de exploratória, podemos ainda classificar a presente pesquisa como descritiva pois descreve características particulares do Setor Sucroalcooleiro, utilizando de questionários e entrevistas.

Em relação à natureza da abordagem, a pesquisa foi aplicada, na medida em que os conhecimentos adquiridos podem ter aplicação prática, por exemplo em investigação de oportunidades de negócio.

Quanto à forma de abordagem, a pesquisa foi qualitativa e quantitativa. Foi qualitativa na medida em que as entrevistas trouxeram opiniões, contextos, visões de mercado, visão de futuro, e também subjetividades do entrevistado que não puderam ser traduzidos em números, os quais exigiram interpretação. Foi também quantitativa em alguns tópicos do trabalho que abordaram o potencial de produção de biogás, o tamanho do mercado e o cálculo de indicadores.

Quanto aos procedimentos técnicos, esta pesquisa foi bibliográfica e documental. Segundo Gil (2010), “a vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente”. Foi baseada em conhecimento já publicado em livros, artigos, jornais, revistas, seminários e também em informações de fontes confiáveis da Internet, como sites oficiais do Governo, de Associações, Entidades de Classe, Universidades, Empresas entre outros. Foi também documental (*Ibidem*), respeitando-se obviamente a confidencialidade em alguns documentos, em razão do trabalho de investigação sobre o assunto que está sendo conduzido junto à empresa em que trabalho.

2.3 COLETA DE DADOS

Para a realização deste trabalho foram utilizados dados primários e secundários (MARCONI, 2009). Os dados primários foram coletados através de

entrevistas com representantes do Setor Sucroalcooleiro e os dados secundários foram levantados basicamente de uma pesquisa bibliográfica. Para a obtenção dos dados primários, foi dada preferência às entrevistas presenciais, entretanto, em algumas situações, foi efetuada também por outros meios como telefone, correio eletrônico (*e-mail*), videoconferência e em caso extremo por intermédio de terceiros que preencheram o questionário proposto no Anexo deste trabalho.

2.4 ANÁLISE DOS DADOS

Na análise dos dados foram observados os objetivos deste plano de pesquisa, compilando os dados e interpretando-os de maneira que pudessem esclarecer o tema deste trabalho. De acordo com Gil (2010), o processo de análise pode ser compreendido como uma sequência de atividades que compreende a redução dos dados, a categorização deles e finalmente a interpretação e redação do resultado.

Os dados qualitativos foram compilados de acordo com a metodologia de Análise SWOT, que é uma ferramenta utilizada para análise de cenários e é utilizada como base para a gestão e planejamento estratégico nas empresas. A análise SWOT permite visualizar a posição estratégica das empresas quanto ao investimento ou não em projetos de Biogás de vinhaça da cana-de-açúcar, trazendo as oportunidades, ameaças, fraquezas e pontos fortes deste investimento. Com a Análise SWOT foi possível identificar nas entrevistas os diversos itens que podem conduzir ou não ao investimento das empresas na produção do biogás dentro do contexto do RenovaBio.

Em relação a dados mensuráveis, estes foram tabulados em uma planilha eletrônica do Google Drive, assim como em relação aos dados relativos à viabilidade econômica-financeira como *payback*, taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) e outros indicadores.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na fundamentação teórica embasamos por meio do conhecimento disponível de outros autores, os aspectos teóricos deste trabalho. É através das lentes da fundamentação teórica que analisamos e interpretamos os dados coletados, tanto primários como secundários, para elaborar o trabalho final. Durante a construção do trabalho de pesquisa surgiram outras demandas pontuais de conhecimento, sendo que os tópicos abaixo relacionados são um resumo dos principais tópicos da fundamentação teórica.

3.1 O BIOGÁS E O BIOMETANO

3.1.1 Digestão Anaeróbica

Digestão anaeróbica é o conjunto de processos no qual micro-organismos degradam a matéria orgânica biodegradável na ausência de oxigênio e produz como resultado do processo o biogás, uma mistura que consiste principalmente de CH_4 , CO_2 e alguns outros gases, de acordo com o substrato que está sendo biodegradado. O processo de digestão anaeróbica tem cinco etapas que são:

- ✓ Hidrólise: Início do processo em que os materiais particulados complexos (polímeros) são convertidos em compostos solúveis mais simples. Com este processo, as proteínas são convertidas em aminoácidos, os lipídeos solúveis em ácidos graxos e os carboidratos em açúcares simples.
- ✓ Acidogênese: continuação de quebra em moléculas menores ocorrendo formação de ácidos graxos voláteis (AGV) e produção de NH_4 , CO_2 e H_2S como subprodutos.
- ✓ Acetogênese: Compostos gerados na acidogênese são digeridos produzindo dióxido de carbono, hidrogênio e ácido acético.
- ✓ Metanogênese: final do processo, aonde ocorre a formação de CH_4 , CO_2 e H_2O , ou seja, de biogás.

- ✓ Sulfogênese: As bactérias sulforedutoras reduzem os sulfatos e outros componentes sulfurados em sulfetos. Essa fase pode ou não ocorrer no processo de digestão anaeróbica, e só ocorrerá de forma significativa se houver grande quantidade de sulfato presente no meio.

3.1.2 Biodigestor Anaeróbico

Fazendo uso do processo de digestão anaeróbica, o biodigestor anaeróbico é o equipamento utilizado para o processamento de resíduos orgânicos das mais diversas fontes. Podemos citar o seu uso em estações de tratamento de esgoto, em fazendas de criação de porcos e no tratamento de resíduos agropastoris. Além da produção de biogás, o substrato uma vez submetido à digestão anaeróbica pode ser utilizado também como biofertilizante.

Existem diversas tecnologias na construção de um biodigestor anaeróbico, entre os quais podemos citar:

- ✓ UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*)
- ✓ Lagoa Coberta
- ✓ CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*)

Biodigestores anaeróbicos são utilizados amplamente no mundo para gerar biogás, parte devido à crescente necessidade de mitigar as consequências dos gases de efeito estufa e também para promover o uso das energias renováveis.

3.1.3 O biogás e o biometano

O biogás é uma mistura de gases, composta basicamente de CH_4 e CO_2 , com pequenas quantidades de H_2S e NH_3 , conforme demonstra o Quadro 1. A proporção dos gases varia de acordo com o material orgânico biodegradado e do processo pelo qual é produzido. No comparativo entre o biogás produzido com resíduos de aterros sanitários e com resíduos agropecuários, notamos a grande variação do seu elemento principal, o CH_4 , além de variações de grande magnitude

relativa nos gases H_2S e NH_3 . Mesmo na digestão de resíduos agropecuários de diferentes fontes, haverá uma variação que não pode ser desconsiderada.

Tabela 1 - Composição Típica do Biogás

Parâmetro	Biogás de aterros sanitários	Biogás de digestão anaeróbica de resíduos agropecuários
CH_4 (%vol)	35-65	53-70
CO_2 (%vol)	15-50	30-47
N_2 (%vol)	5-40%	-
H_2S (ppm)	<100	<1.000
NH_3 (ppm)	5	<100

Fonte: PERSSON *et al.*, 2006

O biometano é o biocombustível obtido pela purificação do biogás e tem como característica principal o elevado teor de metano em sua composição. O grau de pureza do biometano torna-o intercambiável com o gás natural em todas as suas aplicações. “A qualidade do biometano é regulamentada por meio da Resolução ANP n° 8/2015 e da Resolução ANP n° 685/2017. A primeira, trata da especificação do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais; a outra, trata da especificação do biometano oriundo de aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto” (ANP, 2018).

3.2 O SETOR SUCROALCOOLEIRO

3.2.1 A atividade sucroalcooleira no Brasil

O Brasil é um País com longa tradição na produção de cana-de-açúcar, que remonta aos tempos do Descobrimento do Brasil. Hoje o País é o maior produtor mundial do complexo sucroalcooleiro, sendo líder mundial tanto na produção de

açúcar e de álcool derivado da cana-de-açúcar, sendo também o mais competitivo no custo de produção (CARVALHO, 2016).

Segundo a União da Indústria de Cana de Açúcar (ÚNICA, 2018) a safra brasileira 2018/19 de cana de açúcar deverá atingir 641 milhões de toneladas e serão produzidos 27,8 milhões de m³ de etanol e 38,6 milhões de toneladas de açúcar. A produção brasileira está concentrada no Estado de São Paulo e no litoral nordestino, conforme podemos visualizar na Figura 1.

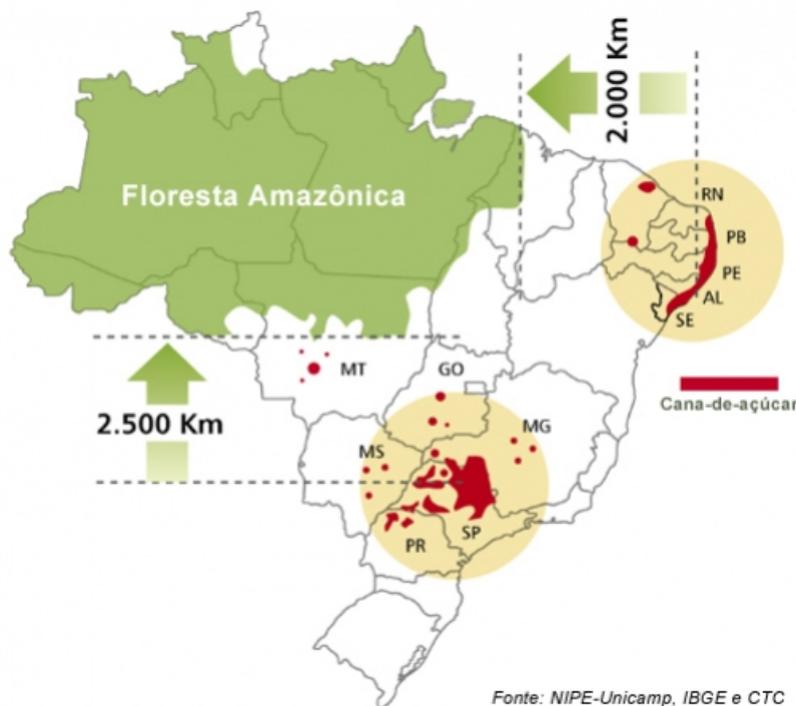


Figura 1: Mapa das Regiões Produtoras de Cana-de-Açúcar.
Fonte: NIPE-Unicamp, IBGE e CTC.

Todavia, o setor sucroalcooleiro não tem passado por bons momentos, refletindo a falta de apoio governamental na última década e por fim abalada definitivamente pela crise econômica gerada pela crise política brasileira. Segundo RAMOS:

“O número de usinas sucroalcooleiras que ficará de portas fechadas no Brasil na safra 2018/19, que terá início em abril, deverá ser maior que no ciclo atual. A tendência ainda reflete a crise que abalou muitas empresas do setor na primeira metade desta década e que até hoje recai sobre a produtividade dos canaviais, mas também tem relação com os problemas climáticos que limitaram a produção nos últimos anos. De um total de 444 usinas espalhadas pelo país, pelo menos 79 não ligarão as máquinas na próxima temporada, conforme levantamento da RPA Consultoria – em 2017/18, 76 unidades não operaram (RAMOS, 2017).

3.2.2 Resíduos da atividade sucroalcooleira

Segundo Assad, cada litro de etanol de cana-de-açúcar gera de 10 a 14 litros de vinhaça, dependendo das condições tecnológicas dos equipamentos da usina, além de 280 kg de palha e de bagaço por tonelada de colmo de cana-de-açúcar colhido. Durante o processo industrial são gerados também entre 30 e 40 kg de torta de filtro por tonelada de cana-de-açúcar moída, além de outros resíduos em menor escala como cinzas, águas de lavagem e melaço (ASSAD, 2017).

A vinhaça é normalmente utilizada como biofertilizante porque é rica em matéria orgânica e potássio, entretanto, se aplicada em excesso devido ao elevado volume produzido, pode causar sérios impactos no solo e nas águas subterrâneas. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), 98,7 % das plantações de cana de açúcar das regiões Centro Oeste e Sudeste utilizam a vinhaça para fertirrigação.

O bagaço de cana-de-açúcar e as palhas são os mais reaproveitados, pois servem como biocombustível para mover as caldeiras da usina e também para a cogeração de energia. “Estima-se que 90% de todo bagaço gerado no Brasil é queimado em caldeiras para a geração de energia” (ASSAD, 2017).

A torta de filtro é outro importante resíduo da indústria sucroalcooleira resultante da filtração do caldo extraído das moendas no filtro rotativo. Devido à sua alta concentração de fósforo, cerca de 1,2 a 1,8%, alto teor de cálcio e consideráveis quantidades de micronutrientes, a torta de filtro é empregada nas plantações de cana-de-açúcar substituindo parcial ou totalmente a adubação fosfatada (ROSSETO, 2018).

3.3 O RENOVIABIO

Inicialmente, a produção e uso de biogás e biometano foi impulsionada pela Lei nº 12.187/09, que instituiu a Política Nacional de Mudanças Climáticas, o qual forneceu as diretrizes para que o Brasil possa reduzir as emissões de gases de

efeito estufa e por intermédio da Lei nº 12.305/10, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que disciplinou a destinação final dos resíduos sólidos.

Em consonância a este movimento, a Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017 (BRASIL, 2017) instituiu o RenovaBio (Política Nacional de Biocombustíveis), que foi regulamentada pelo Decreto Federal no 9.308 de 15 de março de 2018, aonde:

Seu objetivo é expandir a produção de biocombustíveis no Brasil, baseada na previsibilidade, na sustentabilidade ambiental, econômica e social, e compatível com o crescimento do mercado. A partir desta expansão, almeja-se uma importante contribuição dos biocombustíveis na redução das emissões de gases de efeito estufa no país. (MME, 2018)

Esta Política de Estado elege o papel estratégico dos biocombustíveis na matriz energética brasileira, agregando valor às diversas fontes de biomassa brasileira. Ela não elege nenhuma preferência por um biocombustível específico, contemplando aqueles que são mais eficientes em termos energéticos e ambientais e que sejam utilizados na matriz de transporte brasileira, ou seja, etanol, biodiesel, bioquerosene e biometano. Adiciona-se que um mesmo tipo de biocombustível pode ter diferentes níveis de eficiência, dependendo de como se comporta a sua cadeia de valor, ou seja produção, distribuição e consumo.

Como objetivo destas políticas, almeja-se a descarbonização da matriz energética brasileira com o aumento de participação dos biocombustíveis, entre eles o biogás e biometano, na matriz energética brasileira.

O decreto regulamentando o RenovaBio, estabeleceu também que o Conselho Nacional de Política Energética definirá as metas compulsórias anuais de redução de gases de efeito estufa para o setor de comercialização de combustíveis. Estas metas compulsórias serão comprovadas por meio dos Créditos de Descarbonização (CBios) que serão gerados considerando-se a produção, importação e comercialização de biocombustíveis por parte do comercializador.

3.4 ESTUDO DE VIABILIDADE

Os projetos de investimento normalmente se iniciam com um estudo de viabilidade no qual serão consideradas todas as variáveis que podem impactar diretamente no resultado de um projeto de investimento. Neste estudo de viabilidade se obtém as informações que diminuirão os riscos do projeto, sendo que este estudo é uma simulação da decisão de investir. Segundo Antonik:

A análise de viabilidade de projetos de investimentos tem sido uma preocupação constante do empresariado. Nenhuma empresa ou organização pode assumir riscos que não tenha condições de “bancar” ou que porventura afetem o negócio. Conhecer os tipos de riscos e projetá-los no tempo é indispensável para evitar situações adversas no futuro (ANTONIK, 2004).

A tomada de decisão nas empresas é geralmente estratégica e envolvem a visão de futuro com variáveis que envolvem riscos e incertezas (MARTINS, 1989).

Segundo Souza, a incerteza ocorre da impossibilidade de controle em evento futuros, ou quando a informação disponível é insuficiente, sabe se dos eventos possíveis mas não se consegue avaliar a probabilidade de ocorrência, introduzindo uma nova dimensão na análise de investimentos (SOUZA, 2004).

O risco é fundamentalmente a possibilidade de perda financeira (DAMODARAN, 1997). Cada investimento está sujeito a riscos e incertezas intrínsecos ao cenário ou mercado em que está inserido e os seus efeitos podem surgir de fatos políticos, econômicos, naturais, conjunturais e ambientais (ANTONIK), (SOUZA, 2004).

O estudo de viabilidade pode ser composto basicamente de:

- Estudo de mercado
- Estudo de viabilidade técnica
- Estudo de viabilidade econômica
- Estudo de viabilidade financeira



Figura 2: Fases de um Estudo de Viabilidade

Fonte: O autor (2019)

A tomada de decisão para investimento em um projeto estará baseada em dois pilares, o primeiro é o estratégico aonde a decisão é mais qualitativa envolvendo a alta direção e tratando de aspectos conjunturais, políticos e econômicos, e o segundo mais quantitativo em que mensuramos no estudo de viabilidade econômico-financeira os indicadores que possibilitarão a análise para tomada de decisão. Entre os principais indicadores podemos citar (BORDEAUX-RÊGO, 2006):

- *Payback* simples;
- *Payback* descontado;
- Valor presente líquido (VPL);
- Taxa interna de retorno (TIR);

Como ferramenta de análise estratégica, uma das ferramentas utilizadas é a Análise SWOT, que permite à alta direção analisar aspectos políticos, técnicos e econômicos sob o ponto de vista do posicionamento da empresa em relação a estes temas. A Análise SWOT pode auxiliar no planejamento estratégico (LOBATO, 2004), assim como na tomada de decisões a nível estratégico.

3.4.1 *Payback*

Payback, ou traduzido em português como “pagamento de volta”, é a ferramenta mais simples existente, utilizada para calcular o tempo necessário para recuperar um capital investido (GITMAN, 2002), ou seja, o cálculo do *payback* tem como resultado o período de tempo necessário para que os lucros de determinado investimento possam se igualar ao capital inicial investido.

O significado deste período de tempo demonstra o tempo necessário para recuperar o que foi investido e em que momento na linha do tempo o investimento começará a dar lucro ou retorno do investimento.

Do ponto de vista do investidor, quanto menor for o *payback*, mais rápido será o retorno do investimento e conseqüentemente em uma análise entre dois investimentos, o de menor tempo de *payback* será o melhor, desconsiderando-se os outros fatores que podem influenciar em uma decisão como fatores estratégicos, políticos ou econômicos.

Existem, na verdade, dois tipos de *payback*, o *payback* simples e o *payback* descontado.

O *payback* simples apenas identifica o número de períodos necessários para a liquidação total do capital investido. Na tabela abaixo temos as principais vantagens e desvantagens do método de *payback* simples (BORDEAUX-RÊGO, 2006).

Tabela 2: Vantagens e Desvantagens do *Payback* Simples.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil e simples de utilizar; • Fácil interpretação; • Serve como indicador de risco, onde quanto menor for seu valor, menor é o grau de risco associado ao investimento; • Serve como indicador de liquidez, onde quanto menor for o seu valor, maior é a liquidez do investimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desconsidera o valor do dinheiro no tempo; • Não considera a distribuição do fluxo de caixa dentro do período de recuperação do investimento; • Não considera os fluxos de caixa após o período de recuperação, podendo rejeitar projetos com maior duração, mas com melhor rentabilidade; • Não pode ser considerado com um padrão de rentabilidade, como o custo de capital.

Fonte: O autor (2018)

O *payback* descontado, por sua vez considera o custo do dinheiro no tempo, permitindo aplicar uma taxa mínima de atratividade ou de desconto para o fluxo de caixa projetado. Na tabela abaixo podemos comparar as principais vantagens e desvantagens do método de *payback* descontado (BORDEAUX-RÊGO, 2006).

Tabela 3: Vantagens e Desvantagens do *Payback* Descontado.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Leva em consideração o custo do dinheiro no tempo; • Pelo fato de considerar a taxa de atratividade, permite comparar com outros investimentos, por exemplo os financeiros, permitindo uma análise pelo ponto de vista do custo de oportunidade; • O seu resultado pode ser interpretado também como o ponto de equilíbrio do investimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não considera todos os capitais do fluxo de caixa, existindo a possibilidade de rejeição de projetos mais longos e rentáveis; • Apesar de considerar a taxa de atratividade, não é ainda um indicador de rentabilidade.

Fonte: O autor (2018)

3.4.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido é uma ferramenta sofisticada de análise de capital que considera de forma explícita o valor do dinheiro no tempo (GITMAN, 2002). O seu cálculo permite trazer para o valor presente uma série de pagamentos ou recebimentos, descontados a uma taxa, deduzindo deste o valor do fluxo de caixa inicial, que consiste no valor do investimento inicial.

De acordo com Bordeaux-Rêgo (BORDEAUX-RÊGO, 2006), qualquer projeto de investimento deve ser uma função de quatro variáveis:

1. Quanto será investido;
2. Quanto ele gera de fluxo de caixa;
3. Quando o fluxo de caixa deve ocorrer;
4. Qual o risco associado a esse fluxo de caixa.

O método do Valor Presente Líquido, abreviado para VPL, é também conhecido como método do fluxo de caixa descontado porque desconta os fluxos de caixa futuros de uma empresa para o presente através de uma taxa específica, denominada de custo de oportunidade.

Sua equação é dada pela expressão (BODEAUX-RÊGO, 2006):

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} + \frac{VR}{(1+r)^n}$$

Onde:

I é o investimento inicial;

FC_t o fluxo de caixa líquido na data “t”;

r é o custo de capital definido pela empresa;

VR é o valor residual do projeto ao final do período de análise (enésimo período);

De acordo com o resultado do VPL, pode-se decidir se um projeto pode ou não ser aceito. De maneira simples, podemos resumir:

Se $VPL > 0$, o projeto pode ser aceito;

Se $VPL = 0$, é indiferente em ser ou não aceito;

Se $VPL < 0$, projeto rejeitado.

A vantagem do método VPL em relação ao *payback* reside no fato de trazer informações a respeito da lucratividade futura do investimento, assim como do custo de oportunidade do capital investido. Este método "*pode dar uma medida de riqueza adicionada (VPL maior que zero) ou destruída (VPL menor que zero)*" (BORDEAU-RÊGO, 2006).

3.4.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de desconto onde o VPL de uma oportunidade de investimento se iguala a zero (GITMAN, 2006). Na prática, ela tenta sintetizar todos os méritos do projeto em um único número e pode ser vista graficamente na figura abaixo (BORDEAU-RÊGO, 2006):

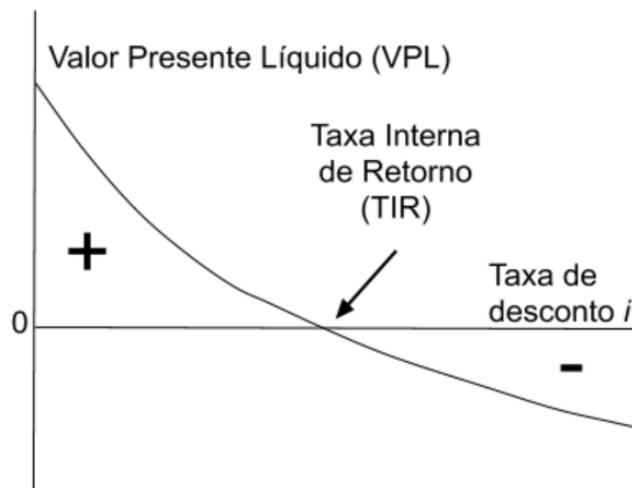


Figura 3: VPL em função da Taxa de Desconto
 Fonte: O Autor (adaptado de Bordeau-Rêgo, 2006)

No gráfico da figura X, podemos notar que à medida que a taxa de desconto aumenta, o valor presente líquido diminui até que se torna nula. Neste ponto, onde o VPL é nulo, corresponde ao TIR.

Matematicamente podemos expressar por (BODEAUX-RÊGO, 2006):

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} + \frac{VR}{(1+r)^n} = 0$$

Onde:

$$VPL = 0 = TIR$$

I é o investimento inicial;

FC_t o fluxo de caixa líquido na data “t”;

r é o custo de capital definido pela empresa;

VR é o valor residual do projeto ao final do período de análise (enésimo período);

O método da Taxa Interna de Retorno (TIR) para a tomada de decisão tem as suas vantagens e desvantagens, que podem ser vistas na tabela abaixo:

Tabela 4: Vantagens e Desvantagens da TIR.

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • O resultado é uma taxa de juros, que pode ser facilmente comparada com o custo de capital; • Muitos executivos financeiros preferem decidir com base em uma taxa de juros e a TIR os atende plenamente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de uma calculadora financeira ou planilha eletrônica para se obter a TIR; • Problemas com fluxos de caixa com mais de uma mudança de sinais pode gerar múltiplas taxas, inviabilizando o seu cálculo; • Problemas com reinvestimento dos fluxos intermediários abaixo da TIR; • Problemas com projetos mutuamente excludentes com diferenças de escala.

Fonte: Adaptado de Bordeaux-Rêgo (BORDEAUX-RÊGO, 2006).

3.4.4 Análise SWOT

A análise SWOT foi criada em 1960 por Albert Humphrey e desenvolvida por Kenneth Andrews e Roland Christensen nos anos de 1960 e 1970. É composta por 4 áreas divididas em 2 ambientes, um interno e outro externo. O ambiente interno está relacionado com a empresa e trata das forças e fraquezas da empresa e que podem ser controladas pela empresa. Já no ambiente externo estão as ameaças e oportunidades, os quais não podem ser controlados pela empresa. Uma característica da análise SWOT é a capacidade de organizar todas as informações, muitas qualitativas, em uma única matriz, deixando em evidência as deficiências e pontos fortes da empresa, ao mesmo tempo que demonstra as oportunidades e ameaças do ambiente externo, permitindo à empresa clareza nos pontos que a empresa deve focar dentro do seu planejamento estratégico (KOTLER, 2000). Esta visualização facilita na tomada de decisões. O termo SWOT vem das iniciais em inglês de Strengths (forças), Weaknesses (fraquezas), Opportunities (oportunidades) e Threats (ameaças).

	Pontos Positivos	Pontos Negativos
Ambiente Interno	<p>Strengths Forças</p>	<p>Weaknesses Fraquezas</p>
Ambiente Externo	<p>Opportunities Oportunidades</p>	<p>Threats Ameaças</p>

Figura 4: Matriz SWOT

Fonte: Adaptado de Kotler (2000), elaborado pelo autor.

Definição de Strengths (Forças)

São as características internas de uma empresa, um segmento, um país, que podem gerar vantagens sobre os seus concorrentes.

Definição de Weaknesses (Fraquezas)

São as características internas que precisam ser controladas ou melhoradas, demonstrando uma situação de risco, de vulnerabilidade.

Definição de Opportunities (Oportunidades)

Característica ligada ao ambiente em que a empresa atua, representado pelas tendências de mercado que podem trazer grandes oportunidades para as empresas, contanto que façam a decisão no momento certo dentro do seu planejamento estratégico.

Definição de Threats (Ameaças)

São os aspectos externos, não controláveis, que impactam diretamente nas atividades da empresa, podendo causar perda de mercado, prejuízos e atrasar o desenvolvimento de uma organização.

4 RESULTADOS DA PESQUISA

4.1 Potencial brasileiro de produção de biogás e biometano da vinhaça

Tomando como base a safra de cana de açúcar 2016/2017, foi estimado que o potencial brasileiro de produção de biometano foi de 1,87 bilhões de Nm³, equivalente a 2,98 bilhões de Nm³ de biogás, considerando nesta conversão que o biogás de vinhaça de cana-de-açúcar contém 60% de CH₄ (NETO, A.E, 2017).

A geração de biogás através da vinhaça mostra duas rotas possíveis de utilização (NETO, A.E., 2017). A primeira produzindo o biogás para ser usado diretamente na produção de bioeletricidade, e a segunda, purificando o biogás para produzir o biometano. No primeiro caso, o potencial de geração de energia do biogás da vinhaça equivale a até 1,0% do consumo brasileiro de energia elétrica no Brasil que foi de 520 TWh/ano tomando como base o ano de 2016, de acordo com dados do Balanço Energético Nacional BEN2017 – Relatório Síntese base 2016. No segundo caso, a produção de biometano da vinhaça equivale a até 5,0% da produção nacional de gás natural que em 2016 foi de 37,9 bilhões de m³/ano.

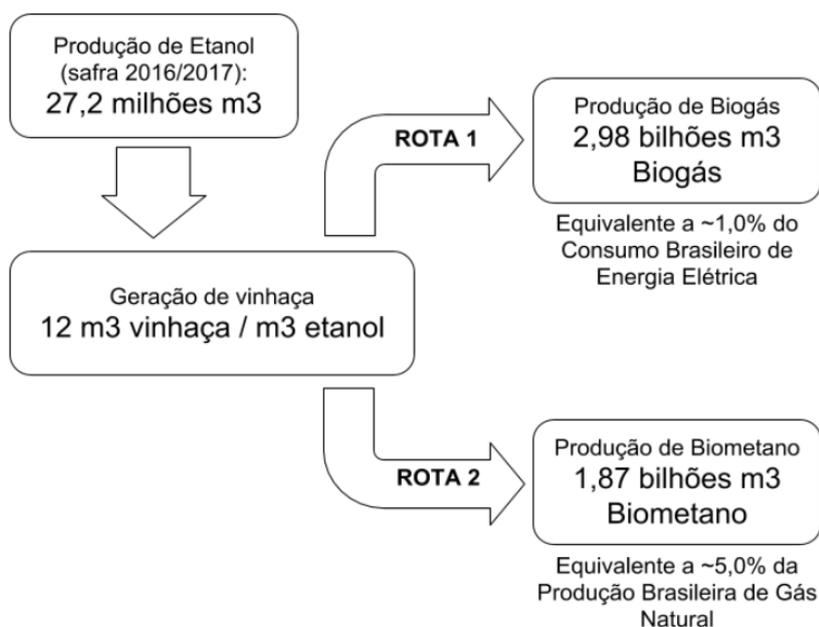


Figura 5: Rotas Potenciais de Produção de Biogás e Biometano

Autor: Adaptado de Neto, A.E., 2017.

4.2 Histórico da Biodigestão da Vinhaça no Brasil

Apesar do grande volume de vinhaça gerado pela indústria sucroalcooleira, poucas são ainda as plantas de geração de biogás e biometano em todo território nacional. De acordo com o Panorama do Biogás no Brasil – Setor Sucroalcooleiro (MME, 2016), poucas plantas estão em operação e uma de grande porte está em fase de construção. Na tabela abaixo temos um resumo das plantas com capacidade maior que 75m³.

Tabela 5: Histórico da Biodigestão de Vinhaça no Brasil.

Ano	Usina	Tecnologia	Capacidade (m3)	Nota
1986	Usina São João	UASB	1.500	Desmobilizado
1987	Usina São Martinho	UASB	75	Desmobilizado
1995	Usina São Martinho	UASB	5.200	Em operação
2012	Usina Ester	Lona	20.000	Desmobilizado
2012	Geo Energética/Coopcana	Co-Biodigestor	N/I	Em operação
2019	Raizen	UASB	N/I	Geração de 138 mil MWh/ano energia; Início de operação previsto para 2019; Utiliza torta de filtro + vinhaça.

Fonte: Adaptado de Ministério de Minas e Energia, 2016.

Na tabela acima, vale destacar o pioneirismo da biodigestão anaeróbica de vinhaça da Usina São Martinho (Pradópolis – SP) que iniciou as operações em 1987. O reator utiliza a tecnologia UASB com capacidade para 75m³ e o biogás produzido é aplicado na secagem da levedura que é utilizado pela usina na etapa de fermentação.

“A única iniciativa de sucesso no Brasil a utilizar os diferentes resíduos da agroindústria (vinhaça, torta de filtro e palha) para produção de biogás em usinas de cana-de-açúcar é a Geo Energética, que desenvolveu um processo biotecnológico adequado a tais substratos após 10 anos de pesquisa (GEO ENERGÉTICA, 2017).” Esta planta entrou em operação no início de 2013 em parceria com a usina Coop-Cana e tem capacidade de gerar 4MW de energia elétrica a partir do biogás produzido. Em 2015 estava previsto um aumento da capacidade de geração aumentando a capacidade para 16MW de geração de energia elétrica.

Nas figuras a seguir temos uma foto dos biodigestores citados na Tabela 5.



Figura 6: Co-Biodigestor da Geo Energética
Fonte: Panorama do Biogás no Brasil – Setor Sucrialcooleiro (MME, 2016)



Figura 7: Lona sendo instalada no Biodigestor da Usina Ester
Fonte: Panorama do Biogás no Brasil – Setor Sucrialcooleiro (MME, 2016)



Figura 8: Planta de biodigestão da Usina São João.

Fonte: Panorama do Biogás no Brasil – Setor Sucroalcooleiro (MME, 2016)



Figura 9: Planta de biodigestão da usina São Martinho.

Fonte: Panorama do Biogás no Brasil – Setor Sucroalcooleiro (MME, 2016)

4.3 ENTREVISTAS

4.3.1 PERFIL DOS ENTREVISTADOS

Tabela 6: Entrevistados

ENTREVISTADO	ABSOLUTO	RELATIVO
Usinas de açúcar e etanol	6	60%
Consultores	2	20%
Investidores	2	20%
Total de entrevistados	10	100%

Fonte: Dados da pesquisa

As entrevistas foram efetuadas no período de Abril de 2017 a Março de 2019 e foram entrevistados no total 10 representantes do setor sucroalcooleiro, sendo que 60% foram diretores, assessores e gerentes de usinas produtoras de açúcar e etanol. Foram também entrevistados 2 consultores especializados em projetos de biogás, especialmente voltados para a biodigestão de vinhaça. Para entender também a visão dos investidores, foram entrevistados duas empresas com projetos de produção de biogás/biometano da vinhaça que têm interesse em investir no projeto para assegurar o direito de compra do biometano.

4.3.2 ESTUDOS DE VIABILIDADE VERSUS PROJETOS IMPLANTADOS

Tabela 7: Estudos de Viabilidade versus Projetos Implantados

		Projetos Implantados		
		Sim	Não	
Estudos de Viabilidade	Sim	9 (90%)	4 (44%)	5 (56%)
	Não	1 (10%)	0 (0%)	1 (100%)
TOTAL		10 (100%)		

Fonte: Dados da Pesquisa

Questionado sobre o interesse na produção de biogás da vinhaça, 90% dos entrevistados responderam que já fizeram estudos de viabilidade para produção de biogás. Ainda entre os que fizeram estudos de viabilidade, 44% responderam também que já implantaram ou estão implantando projetos para produção de biogás, desde plantas piloto até projetos de maior porte.

4.3.3 MOTIVOS PARA INVESTIR EM PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Tabela 8: Motivos para investir em produção de Biogás

MOTIVOS	Sim	Não
- Consciência Ambiental	8 (89%)	1 (11%)
- Para reduzir os riscos ambientais da vinhaça	7 (78%)	2 (22%)
- Oportunidade de gerar receita extra	8 (89%)	1 (11%)
- Incentivado pelo RenovaBio	2 (22%)	7 (78%)

Fonte: Dados da Pesquisa

Do total de 9 empresas que fizeram Estudos de Viabilidade para produção de biogás, 89% ou 8 entrevistados do total de 9 responderam que a Consciência Ambiental foi um dos motivos que levaram ao Estudo de Viabilidade. Deste total ainda 78% ou 7 entrevistados se preocuparam principalmente em reduzir os riscos ambientais da vinhaça.

Quanto à oportunidade de geração de receita extra com a produção de biogás, 89% responderam que este também foi um fator importante para fazer um estudo de viabilidade. Do total, uma empresa não colocou este item como preponderante pois sendo esta uma empresa do setor manufatureiro, o interesse dela estava basicamente no uso de combustível renovável como apelo institucional de empresa ambientalmente responsável e inovadora utilizando combustível gerado por resíduos agroindustriais.

Questionado quanto ao RenovaBio, somente 2 entrevistados responderam que este foi um dos fatores que motivaram a produção de biogás/biometano da vinhaça. Em relação aos 78% restantes ou 7 entrevistados, responderam que as

regras do RenovaBio, especialmente relacionados com o CBIO não são muito atrativas para a produção de biometano.

4.3.4 Barreiras para implantação de projetos de biogás

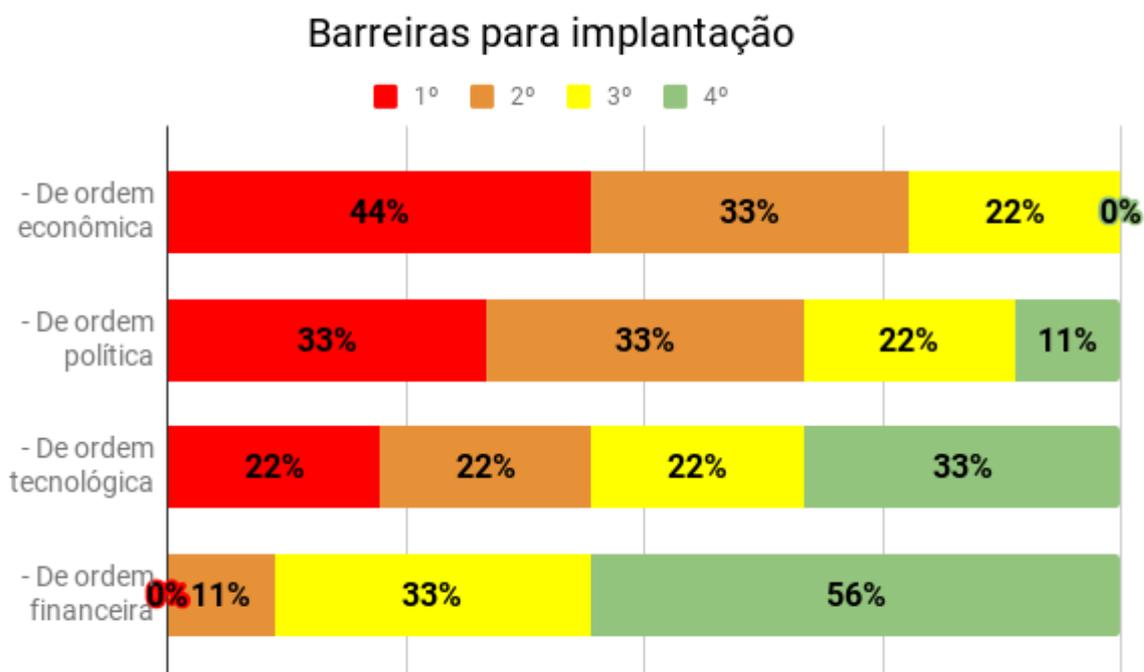


Figura 10: Barreiras para Implantação de Projetos de Biogás.

Fonte: Dados da pesquisa.

Entre as empresas que já fizeram estudos de viabilidade ou já implantaram projetos de produção de biogás, foi questionado a respeito das barreiras encontradas para viabilizar um projeto de biogás.

Conforme os resultados compilados na Figura 10, notamos que as barreiras de ordem econômica são o principal fator para 44% dos entrevistados. Nos estudos de viabilidade destes entrevistados, ficou claro para algumas empresas que o *payback* do projeto é muito longo, considerando-se os fatores internos de cada empresa na decisão de fazer ou não o investimento. Para algumas empresas também, o VPL mostrou um valor negativo, indicando a inviabilidade econômica do projeto. Ainda nos aspectos de ordem econômica, 22% dos entrevistados acreditam

na viabilidade econômica, visto que já venceram as etapas de validação com plantas piloto.

O segundo fator relevante demonstrado pela pesquisa referem-se às barreiras de ordem política, sendo este item o mais relevante para 33% dos entrevistados. Entende-se aqui como barreiras de ordem política a falta de incentivos governamentais e também de regulamentação adequada para projetos de biogás.

Nos quesitos de ordem tecnológica, há um balanceamento entre as empresas que acreditam ser este o maior entrave de implantação. Se há alguns anos existia somente algumas iniciativas, a nível de projeto piloto, em 2018 com o anúncio da Raízen (RAMOS, 2018) em uma planta de grande porte, a tendência do mercado é acompanhar de perto esta iniciativa, quebrando o descrédito do setor sucroalcooleiro na viabilidade técnico-econômica de produção de biogás tendo como substrato a vinhaça de cana de açúcar.

Por último temos barreiras de ordem financeira, que não foram a barreira principal de nenhum dos entrevistados. A explicação para este fato reside na inexistência de planos reais de construção de plantas de biogás. Este cenário, entretanto, deve mudar se a iniciativa da Raízen (RAMOS, 2018) se tornar um case de sucesso, porque as empresas que acompanharam a evolução do tema também se interessarão em construir a sua própria planta de produção de biogás da vinhaça.

Temos na figura abaixo uma síntese dos resultados das entrevistas pelo ponto de vista das Usinas de Açúcar e Álcool.

	Pontos Positivos	Pontos Negativos
Ambiente Interno	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do impacto ambiental causado pela fertirrigação com vinhaça; - Receita extra; 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta domínio da Tecnologia; - Dúvida quanto à viabilidade econômica; - Risco do investimento devido às incertezas;
Ambiente Externo	<ul style="list-style-type: none"> - Consciência ambiental; - Grandes grupos investindo em projetos; - RenovaBio; 	<ul style="list-style-type: none"> - Faltam incentivos governamentais; - Falta regulamentação específica; - Não há cases de sucesso para replicar; - Cenário político e econômico; - Falta de linhas de crédito específicas;

Figura 11: Análise SWOT de investimento em produção de biogás de vinhaça.

Fonte: Dados da pesquisa.

4.3.5 Possibilidade Pós Implantação de Projetos de Biometano

Durante a realização deste trabalho ficou claro também que as empresas que possuem um planejamento estratégico estão sempre procurando se reinventar. Exemplo claro está nas palavras do vice presidente de Relações Externas e Estratégia da Raízen e Presidente do Conselho Deliberativo da Única, Sr. Pedro Mizutani (MIZUTANI, 2019):

.. iniciativas que apostam em inovação e mudança de paradigmas são a chave para antecipar um futuro movido a energia limpa e renovável. É possível enxergar essa revolução em todo o processo produtivo, do plantio da cana-de-açúcar à distribuição de biocombustíveis e bioenergia. Uma reinvenção contínua que visa adaptar as companhias a esse novo cenário que está em constante transformação. E isso não apenas pela necessidade de acompanhar o novo, mas por uma questão de sobrevivência dos negócios. Qualquer empresa que queira continuar saudável e manter a

rentabilidade precisa acompanhar essa tendência. A pressão que a tecnologia coloca sobre as empresas é benéfica para o setor e para a sociedade. É assim que nos desafiamos e evoluímos mais rapidamente. Foi em busca de mais produtividade e explorando novas tecnologias que, na Raízen, pudemos aumentar o portfólio de produtos do setor.

Além da Raízen e empresas produtoras do segmento sucroalcooleiro, empresas multinacionais também estão prospectando oportunidades de negócio no segmento de energia renovável. Na figura abaixo temos um fluxograma de possibilidades de negócio já vislumbrando que a produção comercialmente viável de biometano no Brasil é só uma questão de tempo. A exportação de Biometano talvez não seja competitivo em termos de preços de mercado, porém, caso este Biometano seja transformado em Biometanol, já na forma líquida, então abre-se um mar de oportunidades que poucos países além do Brasil podem usufruir devido à abundância de biomassa e pela grandiosidade do agronegócio brasileiro. Na lista de produtos que podem ser produzidos tendo como base o biometano, temos o Metanol e conseqüentemente o Etanol, a Gasolina, Combustível de aviação e Plásticos, todos de segunda geração porque na sua origem são os resíduos da indústria sucroalcooleira.

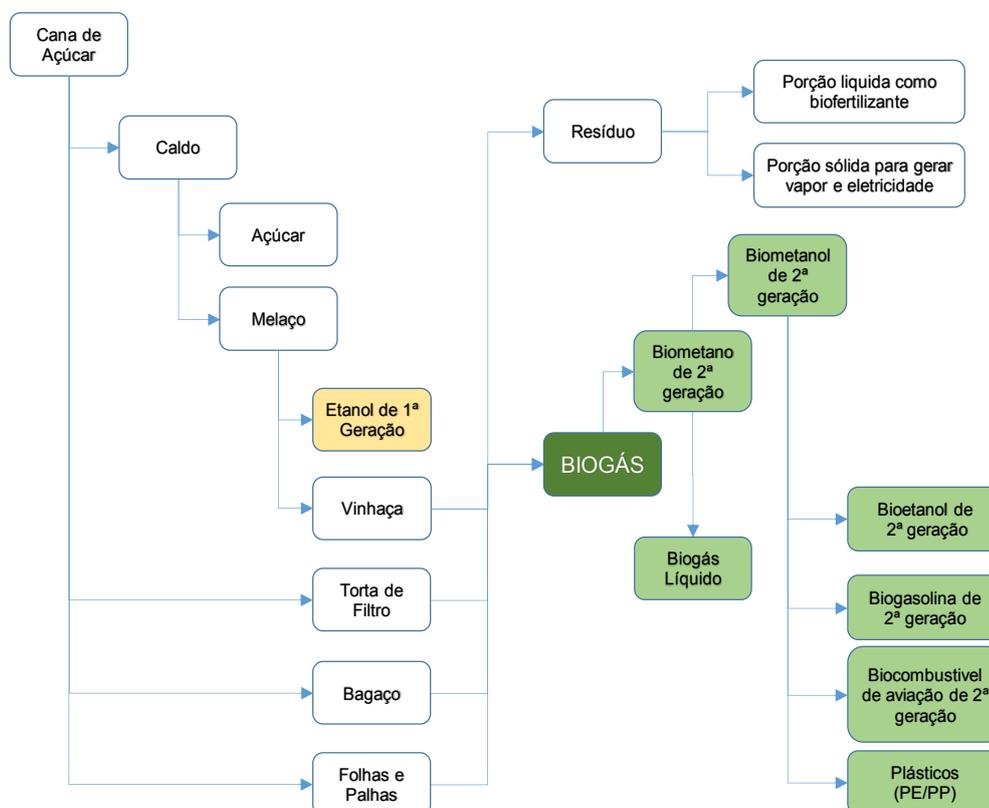


Figura 12: Potencial de Produção de Produtos Derivados do Biogás.

Fonte: O autor

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho mostrou um pequeno panorama do momento em que passa a indústria sucroalcooleira, considerando as perspectivas de futuro vislumbradas com as últimas iniciativas do setor privado na produção de biogás. A consciência ambiental do setor é muito forte e aliada à necessidade de sobrevivência das empresas, existe um interesse enorme em aumentar os seus lucros marginais. O setor sucroalcooleiro sempre sofreu com as interferências do Governo nas políticas de combustível, assim como nas variações dos preços de commodities como o açúcar. É um setor que devido às experiências passadas não se arrisca muito em projetos mirabolantes, tendo sempre a cautela como marca registrada quando se fala em inovação. Devido ainda à crise econômica e financeira que o setor passou nos últimos anos, muitas empresas encontram-se descapitalizadas e algumas até fechando suas usinas, sendo por isso prioridade para as empresas nesta situação, primeiro sobreviver para depois pensar em inovações como a produção de biogás / biometano da vinhaça. Pode parecer tendencioso, mas as entrevistas realizadas foram feitas exatamente com as empresas e grupos econômicos que não fazem parte do grupo de risco, ou seja, são empresas a princípio lucrativas e propensas a investir em projetos de produção de biogás. Apesar do anúncio feito pela Raízen no projeto de produção de biogás, ainda existe ceticismo quanto à viabilidade econômica da produção de biogás da vinhaça, o que coloca algumas empresas do setor sucroalcooleiro em compasso de espera e observação nos desdobramentos do projeto da Raízen. Um dos motivos pode ser inclusive uma iniciativa anterior da Raízen em produzir etanol de segunda geração tendo como base o bagaço de cana e que ainda não se mostrou ao mercado como uma opção economicamente viável.

Considerando que o domínio da tecnologia de produção de biogás com substratos da indústria sucroalcooleira (não somente de vinhaça) é só uma questão de tempo, um possível desdobramento para o potencial de produção de biometano e seus derivados seja um assunto pertinente para uma nova pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **Levantamento da cana-de-açúcar irrigada na região Centro-Sul do Brasil**. Agência Nacional de Águas (ANA). Ministério do Meio Ambiente (MMA). Brasília, 2017.

ANP. **Biometano de resíduos orgânicos**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biometano>> Acesso em: 10 set. 2018.

ANTONIK, L. R. **Análise de projetos de investimento sob condições de risco**. Revista da FAE, Curitiba, v.7, n.1, p. 71-76, jan./jun. 2004.

ASSAD, Leonor. **Aproveitamento de resíduos do setor sucroalcooleiro desafia empresas e pesquisadores**. Cienc. Cult., São Paulo, v. 69, n. 4, p. 13-16, Oct. 2017. Available from <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252017000400005&lng=en&nrm=iso>. access on 03 Nov. 2018. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602017000400005>.

BORDEAUX-RÊGO, R. PAULO, G. P. SPRITZER, I. M. P. A. ZOTES, L. P. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. Editora FGV, Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. Decreto nº 9.308, de 15 de março de 2018. **Dispõe sobre a definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis de que trata a Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017**. Diário Oficial da União República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 mar. 2018. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=16/03/2018&jornal=515&pagina=2&totalArquivos=146>> Acesso em: 14 ago. 2018.

BRASIL. Lei Nº 13.567, de 26 de dezembro de 2017. **Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13576.htm>. Acesso em: 20 out. 2018.

CARVALHO, R. C. OLIVEIRA, C. **O setor sucroalcooleiro em perspectiva**. Circular Técnica 10, EMBRAPA, Campinas, 2016. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117820/1/CT10.pdf>> Acesso em: 18 jul. 2018.

COELHO, S.T., **Tecnologias de produção e uso de biogás e biometano**: Part. I Biogás; Part. II Biometano. / coordenadora Suani Teixeira Coelho; autores Vanessa Pecora Garcilasso, Antônio Djalma Nunes Ferraz Junior, Marilin Mariano dos Santos e Caio Luca Joppert. – São Paulo: IEE-USP, 2018.

DAMODARAN, Aswath. **Avaliação de investimentos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

GEO ENERGÉTICA. **Análise da cadeia Produtiva do Biogás**, 2017. Material apresentado por Alessandro Gardemann para Workshop Estratégico do CTBE. ABiogás. Disponível em: <<http://pages.cnpem.br/wectbe/wp-content/uploads/sites/83/2017/08/Alessandro>>.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisas**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GODOI, Maurício. **Renovabio: Benefício para a bioeletricidade no médio prazo**. Agência CanalEnergia, São Paulo, 23 de Março de 2018. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=16235245>> Acesso em: 24 mar. 2018.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 8ª edição. São Paulo: Harbra, 2002.

KOTLER, P. **Administração de Marketing**. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

LOBATO, D.M. **Estratégia de Empresas**. Rio de Janeiro: FGV, 2004.

MARCONI, Marina de Andrade, LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2009.

MARTINS, Eliseu; ASSAF NETO, Alexandre. **Administração financeira**. São Paulo: Atlas, 1989.

MIZUTANI, P. **A Nova Era do Setor Sucroenergético**. Disponível em: <<http://www.ideaonline.com.br/conteudo/a-nova-era-do-setor-sucroenergetico-por-pedro-mizutani.html>> Acesso em: 04 abr. 2019.

MME (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA). **Renovabio**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/principal>>. Acesso em: 20 out. 2018.

MME (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA). **Panorama do Biogás no Brasil – Setor Sucroalcooleiro**. Brasília, DF, 20 de Dezembro de 2016. <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/4323103/UNICA.pdf/d79a9c7e-a3d1-43ad-94a9-bc8c4ca1e20a>>. Acesso em 14 de fev. 2019.

MME (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA). **Renovabio – Perguntas e Respostas**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/1138769/0/P%26R+-+RenovaBio.pdf/a29044a3-6315-4845-80d8-832852efbb7f>> Acesso em: 21 out. 2018.

NETO, A.E. **Panorama do Biogás no Brasil – Setor Sucoenergético**. Workshop UNICA: O Biogás e eu papel na matriz energética brasileira e no meio ambiente. Painel 1: Políticas Governamentais para o Biogás, Campinas, 14 de Setembro de 2017. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/documentos/apresentacoes/sustentabilidade/>> Acesso em: 30 jan. 2019.

PERSSON, M., JÖNSSON, O., WELLINGER, A., 2006. **Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection**. IEA Bioenergy, Task 37 – Energy from Biogas and Landfill Gas. Disponível em: <http://task37.ieabioenergy.com/files/daten-redaktion/download/publi-task37/upgrading_report_final.pdf> Acesso em: 26 out. 2018.

RAMOS, C. S. **Mais usinas ficarão sem operar na próxima safra**. Jornal Valor Econômico, São Paulo, 24 nov. 2017. Agronegócios B10.

RAMOS, Camila Souza. **Nada se perde nos processos da Raízen**. Jornal Valor Econômico, São Paulo, 23 ago. 2018. Agronegócios B11.

ROSSETTO, R. SANTIAGO, A. D. **Adubação – resíduos alternativos**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html#> Acesso em: 3 ago.2018.

SALOMON, Karina Ribeiro. **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade**. 2007. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

SILVEIRA, Evanildo da. **Vinhaça para gerar energia**. Revista Pesquisa FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), São Paulo, Edição 238, Dezembro 2015, pág. 68. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2015/12/068-071_Vinhaca_238.pdf> Acesso em: 20 out. 2018.

SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões financeiras e análise de investimentos**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2004.

UNICA (UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR). **Histórico de produção e moagem**. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=1984&safra=2017%2F2018&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR>> Acesso em: 2 nov. 2018.

VERGARA, Sylvia Constant. **Métodos de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2005.

APÊNDICE

Apêndice - Questionário para entrevistas com representantes do setor sucroalcooleiro.

Este questionário será utilizado como elemento de coleta de dados na produção do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do Curso de Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira intitulado “ESTIMATIVA DO POTENCIAL BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS ATRAVÉS DA BIODIGESTÃO DA VINHAÇA E SEUS ASPECTOS PRÁTICOS E ECONÔMICOS DENTRO DO CONTEXTO DA RENOVABIO NA VISÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO”.

IDENTIFICAÇÃO

Nome do entrevistado:

Posição ou relação com a Usina/Empresa/Consultoria/Órgão:

Nome da Usina/Empresa/Consultoria/Órgão:

Q01 – A Usina/Empresa/Consultoria/Órgão já tem ou teve projetos implantados ou estudo de viabilidade de produção de biogás da Vinhaça? Se NÃO, por que?

Se NÃO, vá para a questão **Q05**.

Q02 – Por que a Usina/Empresa/Consultoria/Órgão resolveu investir em um projeto de Biogás da Vinhaça?

- Consciência ambiental.
- Oportunidade de gerar receita extra.
- Para reduzir os riscos ambientais da vinhaça.
- Incentivado pelo RenovaBio.
- Etc.

Q03 – Poderia nos falar sobre o projeto?

- Já está implantado? Qual o início de operação?
- Qual a capacidade do projeto, volume de vinhaça utilizado e de biogás gerado?
- Qual a tecnologia empregada?
- Qual a destinação do biogás (frota, cogeração, etc)?
- Qual a qualidade do biogás gerado? %H₂S, %CH₄?
- O projeto contempla a purificação para atender os requisitos do biometano?
- Existe rede de Gás Natural nas proximidades? O biometano será injetado na rede?
- Qual o valor total do investimento? São recursos próprios ou não?
- Etc.

Q04 – Poderia no falar a respeito das barreiras, riscos e incertezas encontrados durante o estudo de viabilidade dos projetos que poderiam inviabilizar ou inviabilizaram o projeto?

- De ordem tecnológica:
 - Melhor tipo de tecnologia para a vinhaça (lagoa, UASB, etc.)
 - Riscos operacionais.
 - Casos de sucesso. Falta de *benchmark* no setor Sucroalcooleiro.
 - Tecnologia não comprovada no setor sucroalcooleiro.
- De ordem econômico/financeira:
 - A taxa de retorno do Investimento. VPL. *Payback*. Taxa de atratividade.
 - Financiamento de projetos de biogás.
 - Falta de incentivo governamental.
- De ordem política/governamental:
 - Previsibilidade nas Políticas de Estado.
 - Licenças Ambientais.
- Etc.

Q05 – Como você interpreta a relação do RenovaBio com o futuro do biogás e/ou biometano no setor sucroalcooleiro?**Q06 – A Raízen anunciou em Agosto de 2018 o investimento na primeira planta de larga escala do Brasil para gerar biogás da vinhaça e da torta de filtro.**

Como você vê este movimento em relação ao futuro do biogás dentro do Setor Sucroalcooleiro?

Q07 – Caso sua empresa decidir fazer um estudo de viabilidade para produção de biogás da vinhaça, como será o processo de decisão? Quais os fatores que serão levados em consideração?

- Fatores conjunturais;
- Fatores técnicos;
- Fatores econômicos;
- Fatores financeiros;
- Fatores ambientais.
- Etc.