

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LEONARDO HENRIQUE SANTOS GOMES

**POSSIBILIDADES PARA A UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS – UM ESTUDO
TEÓRICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2017

LEONARDO HENRIQUE SANTOS GOMES

**POSSIBILIDADES PARA A UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS - UM ESTUDO
TEÓRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Francisco

Co-orientador: Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski

PONTA GROSSA

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

POSSIBILIDADES PARA A UTILIZAÇÃO DE BIOGÁS - UM ESTUDO TEÓRICO

por

LEONARDO HENRIQUE SANTOS GOMES

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às **9 h 00 min de 18 de Março de 2017** como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Antonio Carlos de Francisco, Dr.
Prof. Orientador

Cassiano Moro Piekarski, Dr.
Prof. Co-orientador

Juan Carlos Claros Garcia, Dr.
Membro titular

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

RESUMO

GOMES, Leonardo. **Possibilidades para utilização de biogás – um estudo teórico**. 2017. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

Este trabalho tem por objetivo identificar possibilidades para utilização do biogás por meio de estudos teóricos e observâncias legais. Dessa forma, foram analisadas regulamentações, legislações aplicáveis para a utilização energética do biogás e trabalhos realizados sobre a geração energética utilizando biogás. No aspecto regulatório, o trabalho busca definir as bases necessárias para utilizar um biodigestor de acordo com as normas regulatórias existentes para a operação deste. No aspecto legislativo, apontou-se as principais leis e obrigações vigentes até a data do trabalho para que se possa iniciar a produção de biogás, estudou-se a possibilidade de produzir e comercializar o biometano, que é o biogás purificado, e a comercialização dos créditos de energia produzida pela combustão do biogás em motores geradores. Do ponto de vista ambiental, ressalta-se a viabilidade de redução dos passivos ambientais, geração de energia renovável e utilização do potencial energético de resíduos orgânicos que por vezes não possuem destino ambientalmente adequado. Como resultado obteve-se possibilidades regulamentadas para produção e uso do biogás.

Palavras-chave: Biogás, Biodigestor, Geração de Energia, Regulamentação.

ABSTRACT

GOMES, Leonardo. **Possibilities for using biogas – a theoretical study**. 2017. 60 f. Completion of a Bachelor's Degree in Production Engineering – Federal University of Technology of Paraná. Ponta Grossa, 2017.

This work aims to identify possibilities for biogas utilization through theoretical studies and legal observances. Thus, regulations, legislation applicable to the biogas energy utilization and work on the energy generation using biogas were analyzed. In the regulatory aspect, the work seeks to establish the necessary basis for using a biodigester according to the existing regulatory norms for its operation. In the legislative aspect, it was pointed out the main laws and obligations in force up to the date of the work so that the biogas production can be started, the possibility of producing and commercializing biomethane, which is the purified biogas, and the commercialization of the biogas was studied. Energy produced by the combustion of biogas in generators. From an environmental point of view, it is worth noting the feasibility of reducing environmental liabilities, generating renewable energy and using the energy potential of organic waste that sometimes does not have an environmentally adequate destination. As a result, regulated possibilities for biogas production and use were obtained.

Keywords: Biogas, Biodigester, Power Generation, Regulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do trabalho.....	15
Figura 2 – Processo de produção do biogás.....	19
Figura 3 – Sistema de compensação de energia elétrica.....	31
Figura 4 – Estrutura de sugestões e soluções para utilização do biogás amparadas por regulamentações.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Poder calorífico de alguns combustíveis	20
Tabela 2 – Comparação entre fontes energéticas e biogás	20

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quantidade de consumidores operando como micro e minigeradores de energia elétrica no Brasil.....	26
Quadro 2 – Acesso ao sistema de transmissão ONS em 10 passos	33
Quadro 3 – Normas brasileiras para um sistema de produção de biogás	38
Quadro 4 – Normas brasileiras para um sistema de produção de biometano.....	38
Quadro 5 – Normas regulamentadoras (NR), resoluções e código de segurança aplicáveis ao sistema de produção de biogás	39
Quadro 6 – Relação de pesquisas, trabalhos, teses e legislações	42

LISTA DE ACRÔNIMOS E SIGLAS

CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
MME	Ministério de Minas e Energia
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
BIG	Banco de Informações de Geração
PRODIST	Procedimentos de Distribuição
RE-SEB	Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro
MAE	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
CCT	Contrato de Conexão ao Sistema de Transmissão
CCT-TA	Contrato de Conexão ao Sistema de Transmissão com Termo Ajuste
CCI	Contrato de Compartilhamento de Instalações
CUST	Contratos de Uso do Sistema de Transmissão
CPST	Contratos de Prestação de Serviços de Transmissão
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
GEE	Gases de Efeito Estufa
ONU	Organização das Nações Unidas
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ProGD	Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
RN	Resolução Normativa
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NR	Normas Regulamentadoras
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos

LISTA DE SÍMBOLOS

CH_4	Metano
CO_2	Dióxido de Carbono
Fe_2O_3	Óxido de Ferro III
H_2S	Gás Sulfídrico
K_2CO_3	Carbonato de Potássio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Objetivo Geral.....	13
1.1.2 Objetivos Específicos.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2. BIOGÁS E SEUS POTENCIAIS ENERGÉTICOS	16
2.1 BIOGÁS	16
2.1.1 Caracterização do Biogás.....	17
2.1.2 Processo de Produção do Biogás.....	18
2.1.3 Possibilidades de utilização energética de biogás	19
2.2 BIOMETANO	22
2.2.1 Caracterização do Biometano.....	22
2.2.2 Purificação do Biogás	23
2.2.3 Possibilidades de utilização energética do biometano.....	24
2.3 PRINCIPAIS LEGISLAÇÕES E NORMAS APLICÁVEIS A UTILIZAÇÕES ENERGÉTICAS DO BIOGÁS.....	25
2.3.1 Normas ANEEL.....	25
2.3.1.1 Geração distribuída.....	26
2.3.1.2 Energia Elétrica Excedente.....	27
2.3.1.3 Adesão.....	27
2.3.1.4 Geração compartilhada.....	29
2.3.1.5 Autoconsumo remoto	29
2.3.1.6 Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (condomínios)....	30
2.3.1.7 Consumidores alta e baixa tensão.....	30
2.4 REGULAMENTAÇÃO DO OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO 31	
2.5 REDES FORNECEDORAS DE GÁS.....	34
2.5.1 Uso de biometano em veículos e em máquinas industriais	35
2.5.2 Comercialização interna	36
2.6 NORMAS ABNT - NBR E NORMAS REGULAMENTADORAS (NR) REFERENTES AO SISTEMA PRODUTIVO DE BIOGÁS	37
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	40
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	40
3.1.1 Pesquisa Exploratória.....	40
3.1.2 Pesquisa Qualitativa	41
3.2 MÉTODOS.....	41
3.2.1 Método Dedutivo.....	41
3.3 TRATAMENTO E ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES.....	41

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS DE ACORDO COM NORMAS REGULATÓRIAS RECOMENDADAS E LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS	44
4.1.1 Geração Compartilhada	46
4.1.2 Autoconsumo Remoto	46
4.1.3 Múltiplas unidades consumidoras (condomínios)	47
4.1.4 Uso veicular	47
4.1.5 Comercialização	48
4.2 BENEFÍCIOS DAS POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS	48
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

O uso de fontes energéticas renováveis tende a se tornar uma das áreas de impacto no planejamento das indústrias, cidades e centrais produtoras de energia no século XXI, pois possui características promissoras no que diz respeito à inovação, competitividade e redução de custos com energia e sistemas a gás. Além disso, conhecer formas alternativas de energia permite o desenvolvimento de tecnologias que reduzam as dificuldades energéticas globais. Dessa maneira, o estudo sobre a possibilidade de obtenção de energia elétrica e gás natural através de fontes alternativas se torna imprescindível para apoiar o planejamento das cidades, indústrias e comércio visando utilização de potencial energético ambiental.

Desenvolver tecnologias que viabilizem a sociedade reduzir o descarte de efluentes e rejeitos orgânicos e ao mesmo tempo possibilitar às grandes empresas, cooperativas condomínios e grupo de pessoas aumentar sua efetividade se tornou ponto de partida para ampliar estudos e pesquisas sobre fontes energéticas no mundo.

No Brasil existe o aproveitamento de fontes renováveis como uso do milho e beterraba para a produção de bioetanol e da cana-de-açúcar para produção de etanol, sendo este o composto mais utilizado. O etanol tem relevada importância ambiental, é substrato de uma matéria-prima renovável, além de gerar renda e reduzir a emissão de gases para a atmosfera (SEBRAE, 2015).

Dentre as maneiras possíveis de aproveitar o potencial energético renovável disponível no meio ambiente encontra-se o uso de biodigestor para produção de biogás, este é composto por gases que dependem da característica do rejeito utilizado e a maneira como é feita a biodigestão. A reutilização de materiais orgânicos necessária para produção do biogás auxilia parcialmente a resolução de passivos ambientais (resíduos).

O biogás é constituído em sua maior parte por gás metano (CH_4) que, na atmosfera, representa grau de poluição vinte vezes superior ao dióxido de carbono (CO_2) quando medido em relação ao efeito estufa (OLIVEIRA, 2009). Quando utilizado para outros fins que não seja o descarte, o resultado é a redução da possibilidade de poluição ambiental (COELHO, 2006).

De acordo com Lopes (2002) a biodigestão (ou formação do biogás) acontece de maneira natural, porém, para se obter o controle do processo é necessária a utilização de um biodigestor, que consegue capturar a reação que acontece durante a produção do biogás e armazená-la para utilização posterior.

Lopes (2002) caracteriza o biodigestor como uma câmara pronta para fermentação em geral circular e de preferência localizada abaixo do solo para proteção de intemperismos químicos e físicos. Ainda de acordo com Lopes (2002), biodigestores e projetos desenvolvidos na área podem ser integrados ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que busca a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE).

A queima do gás metano, quando comparada a outros combustíveis fósseis, tende a gerar menos poluentes na atmosfera por quantidade de energia gerada, assim, o biogás é considerado um combustível “limpo” podendo ser utilizado em equipamentos industriais, domésticos, veículos e na geração de energia elétrica (BEUX, 2005).

Castro (2009) evidencia que no Brasil o uso de fontes renováveis de energia é favorecido pela variedade de opções disponíveis no meio ambiente e pela demasiada quantidade de rejeitos orgânicos das atividades em sociedade. Para inserção de novas matrizes energéticas no cenário nacional são necessários incentivos financeiros e conhecimento acerca da viabilidade em utilizar-se energia renovável, uma vez que os investimentos no Brasil sempre foram voltados para transformar energia hidráulica em elétrica. Estabelecer políticas públicas e normas regulatórias para o setor é primordial, a geração de energia depende de investimentos públicos e privados e se torna obrigação de setores ligados ao governo federal mediar os interesses sociais ambientais e o desenvolvimento de novas tecnologias (GOLDENBERG; MOREIRA, 2005).

Desta forma, este trabalho se dedica a responder a seguinte questão: **Quais são as possibilidades para utilização do biogás amparadas por legislação e normas regulatórias?**

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar, teoricamente, possibilidades para utilização de biogás.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar publicações, trabalhos e projetos realizados sobre possibilidades de utilização de biogás;
- Identificar aspectos legais referentes à distribuição e comercialização de energia elétrica e gás natural gerados através do biogás;
- Construir *framework* com propostas de sugestões e soluções de utilização de biogás.

1.2 JUSTIFICATIVA

A elaboração do trabalho encontrará possibilidades de desenvolvimento sustentável para geração de energia. A Organização das Nações Unidas (ONU) instituição formada para manter a paz, segurança e promover relações amistosas entre os países possui entre seus diversos objetivos a promoção do desenvolvimento econômico e sustentável e também dispõe as formas de desenvolver-se sustentavelmente, entre elas o aumento do acesso moderno a preço viável de energia para todos bem como recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres (ONU, 2015). Devido ao crescimento populacional e consequente produção de rejeitos podemos justificar este trabalho pela necessidade de tratamento adequado para resíduos promovendo pilares do desenvolvimento sustentável. É possível afirmar ainda que este trabalho contribui para o compromisso do Acordo de Paris aprovado em 195 países que visa encontrar respostas e soluções para a mudança climática global podendo este trabalho complementar estudos referentes à redução de gases de efeito estufa (GEE).

É possível justificar também com a necessidade de atenção exigida pelo aumento da demanda energética consequente ao crescimento populacional, além de uma economia no consumo de energia elétrica procedente de fontes não renováveis. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do Ministério de Minas e Energia (2016) um dos maiores desafios em promover o uso de bioeletricidade para auxiliar o aumento da demanda energética é conseguir estudar o processo relacionado à produção e utilização de fontes energéticas renováveis.

Em geral, é possível justificar ainda este trabalho como continuidade de trabalhos e pesquisas na área de geração de energia através do biogás na qual grande parte dos estudos realizados são concluídos com a implantação de um biodigestor ou início da produção do biogás, porém, sem mencionar as medidas legais ou regulamentadas possíveis para operação destes.

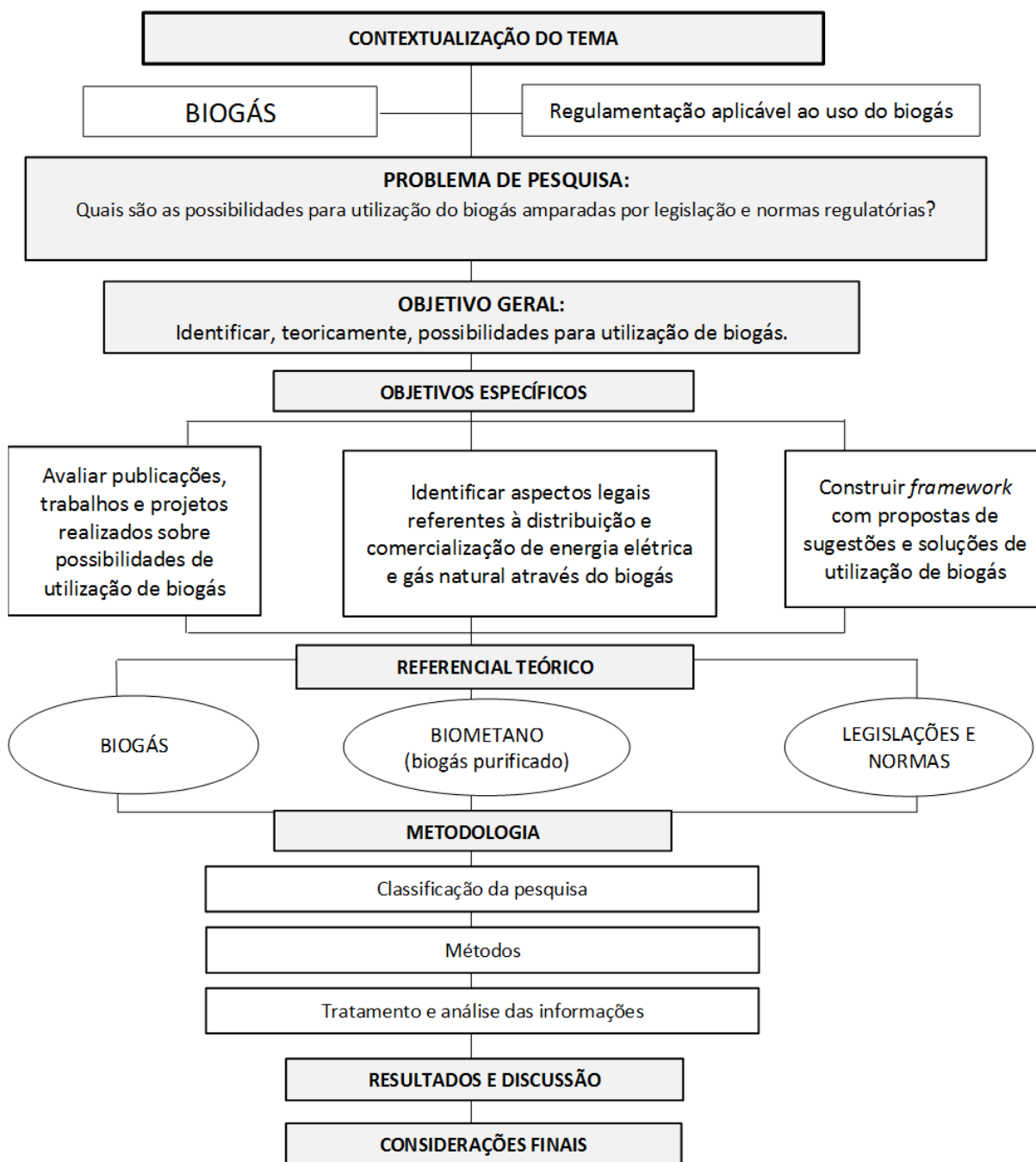
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é apresentado em cinco capítulos. No segundo capítulo o biogás é apresentado de acordo com sua caracterização, processo de produção, tecnologias envolvidas e possibilidades de utilização energética, na segunda parte deste mesmo capítulo apresentam-se o biometano e sua caracterização, processo de purificação e possibilidades de utilização energética a partir de sua produção. A terceira parte do capítulo discorre sobre as principais legislações e regulamentações e normas aplicáveis para utilização energética do biogás.

No terceiro capítulo é descrito o delineamento metodológico para as análises dos aspectos legais e a forma como foram realizadas as buscas pelos trabalhos já realizados neste tema. No quarto capítulo são expostos os resultados encontrados que viabilizam possibilidades de uso do biogás de acordo com a legislação e regulamentação do setor elétrico e de gás natural.

Por fim, o quinto capítulo retrata as conclusões acerca dos objetivos anteriormente definidos.

Figura 1 – Estrutura do trabalho



Fonte: Autoria Própria

No sentido de organizar o trabalho, esta seção é a última referente à introdução e o próximo capítulo dá início ao referencial teórico.

2. BIOGÁS E SEUS POTENCIAIS ENERGÉTICOS

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica sobre biogás e o produto da sua purificação (o biometano) e discorre sobre as legislações e normas regulatórias aplicáveis ao uso do biogás e biometano. A primeira seção retrata o biogás, sua caracterização e possibilidades de uso. A segunda seção caracteriza o biometano, o seu processo de formação (purificação do biogás) e suas opções de utilização energética. Em sua terceira seção, o capítulo discorre sobre os aspectos legais e regulatórios acerca das possibilidades de utilização do biogás.

2.1 BIOGÁS

Descoberto no século XVIII por Alessandro Volta tendo em um primeiro momento utilização para as necessidades da área rural da China e Índia, o biogás foi melhor desenvolvido posteriormente no século XIX quando Louis Pasteur juntamente ao seu aluno Ulysse Grayon tiveram como resultado da experiência de fermentar água e estrume a produção de 100 litros de gás a 35°C (NOGUEIRA, 1986).

Após os primeiros estudos e trabalhos realizados acerca do processo de digestão anaeróbia em meados do século XIX, passou-se a utilizar o método fermentativo para tratar esgoto doméstico na busca pela destruição da matéria orgânica com objetivo de produzir iluminação. Já no século XX, o desenvolvimento de biodigestores ganhou ainda mais força na Índia e China tendo como meta a produção de gás metano com esterco de animais, em geral bovinos (PECORA, 2006).

A primeira documentação que mostra a recuperação de biogás a partir do processo de digestão anaeróbia ocorreu na Inglaterra em 1895 em uma estação de tratamento de efluentes, porém, o primeiro estudo comprovando o reaproveitamento foi realizado com estrume e outros materiais em 1941 na Índia. A partir daí o tratamento de efluentes e resíduos que pudessem contribuir com o processo anaeróbio passou a crescer (VILLEN et al, 2001).

No cenário mundial, a partir do ano de 1960 o processo de digestão anaeróbia ganhou força tendo maior número de pesquisas científicas e ampliação do conhecimento sobre biodigestores. A crise do petróleo na década de 70 trouxe para o Brasil a necessidade de novas tecnologias para produção de energia, assim começaram as iniciativas de tecnologias de digestão anaeróbias. Por todo o país foram criados projetos de implantação de biodigestores, mas na ocasião os benefícios que a utilização das tecnologias traria não eram suficientes para suprir as expectativas dos resultados esperados (BOLETIM ENFOQUE, 1999).

De acordo com Cenbio (2000) pode-se dizer que todos os processos de tratamento de efluentes baseados em algum tipo de biodigestão são potenciais geradores de biogás, sendo possível então tratar efluentes industriais e resíduos domésticos a fim de auxiliar a economia de escala e valorizar o processo de tratamento de efluentes. Como a partir de 1960 a digestão anaeróbica passou a ganhar peso em pesquisas científicas observou-se progresso em relação às tecnologias e à compreensão acerca de projetos de biodigestores e biodigestão (PECORA, 2006).

A utilização de fontes energéticas, incluindo o biogás, depende de diversos fatores para se difundir. A humanidade em geral deve entender que a necessidade de recuperar o potencial energético propicia não somente às empresas, mas a qualquer grupo residencial ou de interesses coletivo e individual atuar no desenvolvimento sustentável da sociedade. Os incentivos recebidos ainda dependem de maior conhecimento da viabilidade de se utilizar biogás, mas aos poucos a cultura de substituir fontes não renováveis tem ganhado bases para um sólido movimento (NOGUEIRA, 1989).

2.1.1 Caracterização do Biogás

Após a morte, toda matéria viva passa a ser decomposta por bactérias (micro-organismos), esse processo propicia às bactérias sobrevivência, porém, ao mesmo tempo lança na atmosfera calor e gás (OLIVEIRA, 2009). O gás gerado se chama biogás e pode ser obtido a partir da fermentação anaeróbia de materiais orgânicos presentes em inúmeros dejetos, sendo os mais utilizados: dejetos de animais,

resíduos residenciais e industriais, restos de curtumes, fábricas de alimentos e lixos orgânicos (OLIVEIRA, 2009).

O biogás é composto em sua maioria 50-70% (vol.) por metano (CH_4) e 25-40% (vol.) por dióxido de carbono (CO_2), além destes pode conter vestígio de outros gases (até 5%) como enxofre de hidrogênio, vapor de água e demais compostos voláteis (OLMEDO et al, 2014).

A queima do biogás pode gerar energia elétrica em turbinas, motores a diesel e ciclo de Otto, com adaptações necessárias. É considerada fonte energética limpa e apropriada para diversos usos (CALZA et al, 2015).

Existem diversas maneiras de aprimorar a combustão do biogás, seja inserindo aditivos à mistura orgânica ou mesmo alterando as propriedades do biodigestor. Calza et al (2015) retrata que existem vários tipos de biodigestores e a operação destes deve ser de acordo com os resíduos obtidos sendo necessário realizar análise inicial do projeto a fim de moldar a construção do digestor em conformidade com a matéria orgânica a ser utilizada.

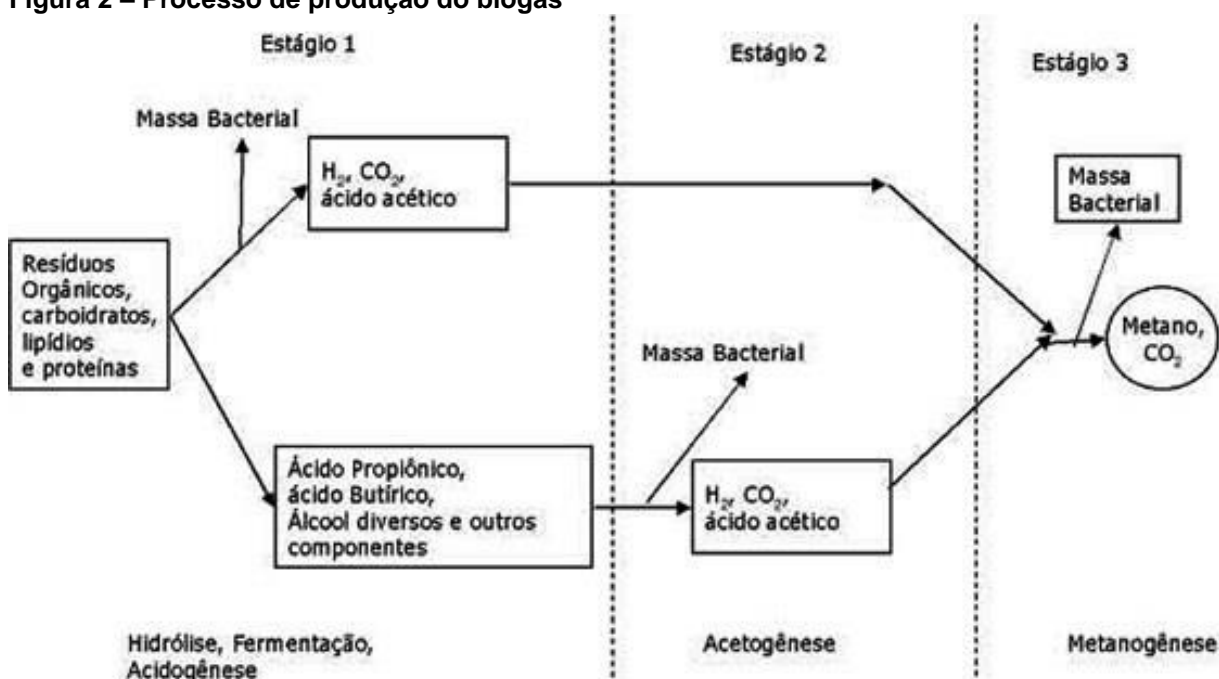
O emprego do biodigestor oferece como vantagem a obtenção de gás natural e energia elétrica no local da produção, bem como comercializar e distribuir esses produtos para a rede local, seguindo a regulamentação do mercado de energia elétrica e gás natural do Brasil. A utilização de tecnologias limpas beneficiam o produtor e o ecossistema além de influenciar as gerações seguintes na cultura de desenvolver fontes energéticas renováveis. O processo de produção do biogás é abordado na seção seguinte.

2.1.2 Processo de Produção do Biogás

O biogás é uma mistura gasosa combustível e subproduto da biodigestão (OLIVEIRA, 2015). Sendo o resultado da digestão anaeróbia, ou seja, fermentação na ausência de oxigênio, o biogás é produzido através da degradação de matéria orgânica por bactérias. A digestão anaeróbia (formação do biogás) acontece quando alguns tipos de bactérias, atuando na ausência de oxigênio, acometem a estrutura de materiais orgânicos produzindo compostos como metano, dióxido de carbono, água e outros, e juntamente extrai energia e para o seu crescimento (MOURA, 2012).

Moura (2012) dispõe ainda que o processo da formação do biogás acontece a partir de uma cadeia de degradações e com a participação de diversos tipos de bactérias, diferenciando-se no processo de fermentação metanogênica em duas fases, sendo a primeira fase a modificação das moléculas orgânicas e a segunda a transformação em uma mistura gasosa de metano e dióxido de carbono. A Figura 2 ilustra o processo de formação do biogás.

Figura 2 – Processo de produção do biogás



Fonte: Alves (2000)

A produção de biogás permite uso em diversos fins e as possibilidades de utilização deste são retratadas no próximo item.

2.1.3 Possibilidades de utilização energética de biogás

O biogás possui como principal componente o gás metano (cerca de 60 a 80% de sua composição). O metano é incolor com significativo poder combustível e sua queima apresenta baixo teor de poluição. Como o metano possui considerável percentual na composição do biogás, o seu poder calorífico pode chegar até a 7.000 kcal/m³, e até 12.000 kcal/m³ sem a presença de gás carbônico (MOURA, 2012). A Tabela 1 mostra o poder calorífico de alguns combustíveis.

Tabela 1 – Poder calorífico de alguns combustíveis

Combustível	Kcal
Madeira	4.500/kg
Briquetes de carvão	8.000/kg
Carvão vegetal	7.620/kg
Diesel	8.500/litro
Gasolina	7.700/litro
Querosene	8.800/litro
BPF (óleo combustível)	8.400/kg
BTE (óleo combustível)	10.400/kg
Álcool etílico 96° GL	5.100/litro ou 6.400/kg
Gasogênio	1.250/m ³
GLP	11.000/kg

Fonte: Gryschek e Belo (1983)

A Tabela 2 apresenta o biogás comparado com outras fontes energéticas.

Tabela 2 – Comparação entre fontes energéticas e biogás

Biogás (m ³)	Fonte energética	Equivalências		
		Litro (l)	kg	kWh
1,63	Gasolina	1,0		
1,80	Óleo diesel	1,0		
1,73	Querosene	1,0		
1,58	Gasolina de avião	1,0		
2,00	Óleo combustível	1,0		
1,81	Petróleo médio	1,0		
1,26	Álcool combustível	1,0		
2,20	GLP		1,0	
0,65	Lenha		1,0	
1,36	Carvão vegetal		1,0	
0,29	Xisto		1,0	
0,70	Energia elétrica			1,0

Fonte: Filho (1981)

Quando se determina a composição calorífica de um combustível é possível identificar também o poder de calor específico de combustão bruto. O biogás possui poder calorífico bruto aproximado de 6 kWh/m³ e quando purificado este valor pode chegar a 9,5 kWh/m³ (CENBIO, 2000).

A partir do conhecimento das propriedades químicas e físicas do biogás é possível utilizá-lo diretamente purificado ou armazená-lo para outros fins. De acordo com Oliveira (2009) existem diversas possibilidades de utilização para o biogás, entre elas estão:

- Aplicações domésticas: aquecimento, iluminação e em grupo motor gerador;
- À pressão em recipientes de 200 atmosferas para aquecimento e iluminação e como combustível automotivo;
- Criogenado a -160°C para transporte marítimo do GLP (Gás Liquefeito de Petróleo);
- Adsorvido em carvão ativado.

Oliveira (2009) ressalta que as duas últimas opções possuem alta complexidade e custo, o que inviabiliza o processo atualmente. Existem tecnologias disponíveis que são capazes de realizar a transformação energética do biogás através da transformação da energia química presente no biogás em energia mecânica pelo processo de combustão.

Ainda de acordo com Oliveira (2009) as tecnologias mais utilizadas para transformação energética do biogás são as turbinas a gás e motores de combustão interna. Os empregos mais comuns do biogás nestes casos são:

- Produção de vapor: em geral indústrias que utilizam o processo de digestão anaeróbia a partir do tratamento de resíduos para gerar vapor nas caldeiras visando a substituição de óleo combustível e carvões minerais ou vegetais, e resultado dessa substituição está disposto na Tabela 2;
- Geração de energia elétrica: o biogás pode ser utilizado como matéria-prima fornecendo energia mecânica em motores e turbinas que quando associados a geradores elétricos podem produzir energia elétrica. 1m^3 de biogás é o equivalente a 6,5 kWh de energia elétrica;
- Matéria-prima para a indústria: neste caso, o gás metano pode ser utilizado para parte da composição de diversas misturas, dentre a mais utilizada está a aquisição de metanol;

- Combustível veicular: para utilização em veículos torna-se preciso a purificação do biogás, ou seja, retirar gás carbônico e gás sulfídrico, pois este último possui propriedades corrosivas e pode prejudicar o motor internamente e a retirada do gás carbônico é com propósito de beneficiar o poder calorífico e aumentar a densidade do biogás. Neste sentido, a próxima seção aborda o biometano, que é o biogás purificado.

2.2 BIOMETANO

Quando comparado a outros combustíveis fósseis, o gás metano possui menos possibilidade de gerar poluentes atmosféricos por unidade de energia gerada. Dessa forma é considerado um combustível limpo e com aplicabilidade desde equipamentos à geração de energia (BEUX, 2005).

Para utilização do metano, ou biogás, na rede de gás natural ou mesmo no uso em veículos é necessária separação das impurezas do produto, pois, este possui níveis altos de materiais que podem corroer motores (GOULDING, 2013). Esse processo de limpeza (ou separação) resulta no biometano, decorrente da concentração de biogás.

2.2.1 Caracterização do Biometano

Biometano é uma denominação para o metano de origem biogênica. Após a purificação do biogás através de processos que separam o CO₂ e removem impurezas é gerado o biometano. A purificação do biogás possibilita a injeção deste na rede de gás natural e permite a separação do local onde é gerado o gás de onde ele será utilizado, e dessa forma usar a rede de gás natural para armazenamentos de grande porte (PROBIOGÁS, 2016).

2.2.2 Purificação do Biogás

As diversas aplicações possíveis do biogás podem precisar do processo de purificação a fim de aumentar o seu poder calorífico com a retirada de impurezas e umidade da mistura.

Coelho (2006) dispõe que além das impurezas pode existir a presença de gás sulfídrico que além de ser altamente corrosivo é capaz de danificar o motor e seu tempo de vida. O processo de purificação acontece de acordo com as etapas:

- I. Remoção da umidade: O biogás depende de um nível aceitável de umidade de acordo com a maneira como será empregado. A remoção da umidade pode ser realizada com utilização de glicóis, gel, sílica ou outro componente que possibilite reter a umidade (CRAVEIRO, 1982);
- II. Retirada do gás sulfídrico: O gás passa por uma torre preenchida com óxido de ferro III (Fe_2O_3) e aparas de madeira e conforme caminha pela torre vai perdendo a presença do gás sulfídrico (H_2S), ficando este retido pela reação com o óxido de ferro (CRAVEIRO, 1982);
- III. Remoção de gás carbônico: Existem diversas possibilidades de realizar a remoção do gás carbônico. Como apresenta pressão parcial pequena uma baixa quantidade é retirada no processo que pode ser realizado com a lavagem a água. É possível ainda a remoção de gás carbônico utilizando solventes, porém, com alto custo e periculosidade e utilizando carbonato de potássio (K_2CO_3) a quente (CRAVEIRO, 1982).

As etapas acima são necessárias para resultar o biometano e a composição final esperada é de aproximadamente 97% CH_4 e 3% CO_2 e com estes valores pode ser utilizado na substituição do gás natural. O biometano abrange a valorização energética, valorização do processo de digestão anaeróbia e devido à redução de GEE atinge valorização econômica (JARDIM, 2013). As possibilidades de utilização energética do biometano são destacadas na próxima seção.

2.2.3 Possibilidades de utilização energética do biometano

Além de contribuir para a redução de GEE o biometano consegue amparar opções de combustíveis de acordo com a variedade de acionamentos dos veículos no mercado automobilístico. O contraponto na sua utilização como combustível é a densidade energética apresentada, a forma mais comum de uso é o comprimido com gás pressurizado a 200 bar e armazenado em tanques cilíndricos. Essa pressão é necessária para garantir atendimentos a modelos diferenciados de veículos (PROBIOGÁS, 2016).

Ainda de acordo com a Probiogás (2016) é possível utilizar biometano da mesma forma que o gás natural, assim, pode também ser utilizado em veículos convencionais de gás natural (GNV). Os motores possíveis de utilizar biometano são:

- Motores a gás biometano específico: são motores projetados para operar com 100% de biometano, neste caso o sistema estequiométrico possui uma eficiência menor quando comparado ao diesel provocando perdas de bombeamento. Esses motores, em geral, são desenhados especificamente para veículos pesados na tentativa de substituir o diesel, porém, podem ser usados também em veículos leves;
- Motores biocombustível de biometano: uma alternativa aos motores usuais por apresentar tanto compartimento para gasolina quanto biometano. Nos sistemas atuais desenvolvidos para este uso, o veículo consegue otimizar o uso de gasolina utilizando biometano e posteriormente gasolina. Tecnologia utilizada em veículos leves;
- Motores a gás com dois combustíveis: apresentam em sua formação tanto a possibilidade de uso do diesel e outros tanques de combustível quanto biometano com sistema de injeção de metano no tubo de admissão, a quantidade de gás a ser utilizado varia em relação a velocidade e a carga do veículo;
- Tricombustível: é a combinação de combustíveis a gás e veículos que utilizam gasolina e etanol, permitindo ao veículo operar de maneira "*flex-fuel*" ou com biometano;

- Injeção direta de alta pressão (HPDI): é a injeção de diesel e gás na câmara de combustão a alta pressão, a HPDI utiliza o diesel para realizar a combustão, assim como o motor bicomcombustível oferecendo a mesma potência e torque que um motor multicomcombustível.

Além do uso em veículos o biometano também pode ser comercializado através de conexões canalizadas com a rede de distribuição e ainda distribuído como gás comprimido em botijões para venda a terceiros.

A utilização de biomassa na matriz energética brasileira até o ano de 2014 foi de 7 ppts (pontos percentuais) e de acordo com o MME (2016), a expectativa do Ministério de Minas e Energia é até o ano de 2030 ter 12 ppts (pontos percentuais) de participação de fontes renováveis oriundas de biomassa na matriz energética brasileira. A próxima seção busca caracterizar o biogás.

A próxima seção contextua as legislações e normas aplicáveis ao uso do biogás.

2.3 PRINCIPAIS LEGISLAÇÕES E NORMAS APLICÁVEIS A UTILIZAÇÕES ENERGÉTICAS DO BIOGÁS

2.3.1 Normas ANEEL

O setor energético brasileiro passou a ganhar mais atenção desde a década de 70 quando novas tecnologias que viabilizaram a produção de energia passaram a ser desenvolvidas, com isso tornou-se necessário a uma atenção especial para regulamentações e legislação a respeito de distribuição e comercialização de energia (CYRILLO, 2011).

A responsável pelo desenvolvimento e gestão do setor elétrico no Brasil é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e é através de suas normas e regulamentações que novas fontes energéticas e tecnologias na área de energia devem se basear. No que tange a utilização de biogás, a ANEEL dispõe as possibilidades e normas regulamentadas.

De acordo com a ANEEL (2015) e a sua Resolução Normativa (RN) nº 482/2012 do dia 17 de abril de 2012 e atualizada em Março de 2015 para Resolução Normativa nº 687/2015 os consumidores brasileiros podem gerar a energia que irão consumir a partir de fontes próprias de energia renovável, podendo repassar o excedente para à distribuidora de energia elétrica local ou, com a distribuição da energia ativa da unidade consumidora à rede local como um empréstimo sem custos - são as chamadas micro e minigeração distribuída. Essa energia é posteriormente compensada através do consumo ativo de energia elétrica.

O Quadro 1 mostra a quantidade de agentes investindo no mercado de geração de energia até o ano de 2015 de acordo com o Banco de Informações de Geração da ANEEL (BIG), que identifica onde estão presentes a maioria dos responsáveis jurídicos a utilizarem as gerações de energia independente, registradas, produção sem necessidade da rede local e produção de energia em locais públicos.

Quadro 1 – Quantidade de consumidores operando como micro e minigeradores de energia elétrica no Brasil

Especificação dos regimes jurídicos de geração de energia elétrica	
Regime Jurídico	Quantidade de Agentes
Autoprodução de energia	249
Produção Independente de Energia	1.608
Registro	1.470
Serviço Público	70
*Um agente pode atuar em regimes jurídicos distintos	

Fonte: Banco de Informações de Geração ANEEL (2015)

As próximas seções retratam a Geração Distribuída de energia elétrica de acordo com as resoluções normativas aplicáveis pela ANEEL e as opções praticáveis de geração distribuída no cenário nacional.

2.3.1.1 Geração distribuída

De acordo com a ANEEL (2015) e sua RN nº 687/2015 Geração Distribuída pode ser definida como uma central geradora de energia elétrica com

potência instalada menor ou igual a 75kW ou também fontes conectadas a rede externa e que consuma energia por meio de instalações ou unidades particulares.

A geração distribuída de energia recebe vários estímulos devido ao benefício gerado ao sistema elétrico, sendo estes a minimização dos investimentos no setor de transmissão e distribuição, o baixo risco de impacto ambiental, redução de perdas e consequente não carregamento das redes elétricas (ANEEL, 2015).

2.3.1.2 Energia Elétrica Excedente

A Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015 oferece a possibilidade de conectar as novas centrais de distribuição à rede de energia elétrica permitindo que a energia excedente produzida pelas fontes renováveis possa ser repassada para a rede, gerando um “crédito” que poderá ser utilizado para subtrair o consumo de eletricidade da unidade geradora. A microgeração fotovoltaica, por exemplo, tem excedente durante o dia e esse é repassado para a rede local, durante a noite a rede retorna a energia para a unidade geradora suprimindo suas necessidades de consumo. Desta forma, a rede armazena excedente até o momento em que a unidade geradora necessite de energia proveniente da distribuidora (ANEEL, 2015).

Ainda de acordo com a ANEEL (2015) e sua RN nº 687/2015, o saldo positivo desse “crédito” não retorna para a unidade geradora em dinheiro, porém pode ser aplicado para abater o consumo em outro local ou outra unidade consumidora, desde que as duas unidades se situem na mesma área e sejam do mesmo titular, ou ainda na fatura do próximo mês sendo os “créditos” válidos por um período de 60 meses.

2.3.1.3 Adesão

A instalação, planejamento e desenvolvimento da micro ou minigeração distribuída são responsabilidades do consumidor. Não são estabelecidos pela ANEEL os custos das fontes geradores e demais despesas e financiamentos. Assim, o consumidor tem liberdade para análises de custos e melhores planos

para a instalação dos geradores, podendo ter como base o material utilizado em acordo com a fonte de energia que será utilizada, o local onde a unidade geradora está instalada bem como onde estarão outras unidades que poderão utilizar o sistema de compensação de créditos do excedente de energia elétrica produzida (ANEEL, 2015).

Por fim a ANEEL (2015) de acordo com sua RN nº 687/2015 ressalta os parâmetros de faturamento da unidade consumidora, entre eles:

Art. 7º No faturamento de unidade consumidora integrante do sistema de compensação de energia elétrica devem ser observados os seguintes procedimentos: I - deve ser cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do grupo B, ou da demanda contratada para o consumidor do grupo A, conforme o caso; II – para o caso de unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, exceto para aquelas de que trata o inciso II do art. 6º, o faturamento deve considerar a energia consumida, deduzidos a energia injetada e eventual crédito de energia acumulado em ciclos de faturamentos anteriores, por posto tarifário, quando for o caso, sobre os quais deverão incidir todas as componentes da tarifa em R\$/MWh; III – para o caso de unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída a que se refere o inciso II do art. 6º, o faturamento deve considerar a energia consumida, deduzidos o percentual de energia excedente alocado a essa unidade consumidora e eventual crédito de energia acumulado em ciclos de faturamentos anteriores, por posto tarifário, quando for o caso, sobre os quais deverão incidir todas as componentes da tarifa em R\$/MWh (ANEEL, 2015, p.4).

Além disso, a RN nº 687/2015 prevê também o ciclo de faturamento:

- Informação da participação da unidade consumidora no sistema de compensação de energia elétrica;
- O saldo anterior de créditos em kWh;
- A energia elétrica ativa consumida, por posto tarifário;
- A energia elétrica ativa injetada, por posto tarifário;
- Histórico da energia elétrica ativa consumida e da injetada nos últimos 12 ciclos de faturamento;
- O total de créditos utilizados no ciclo de faturamento, discriminados por unidade consumidora;
- O total de créditos expirados no ciclo de faturamento;

- O saldo atualizado de créditos;
- A próxima parcela do saldo atualizado de créditos a expirar e o ciclo de faturamento em que ocorrerá.

Partindo dos preceitos necessários para verificar viabilidade de se integrar ao sistema ANEEL de produção de energia a partir do biogás é possível conhecer as possibilidades de geração de energia.

2.3.1.4 Geração compartilhada

Caracteriza-se com a união de consumidores em uma mesma área de permissão ou concessão, podendo ser essa reunião por meio de consórcio ou cooperativa e tendo como responsável pessoa física ou jurídica. O responsável deve possuir unidade com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras das quais a energia excedida será posteriormente compensada (ANEEL, 2015).

A geração compartilhada permite ainda a utilização da energia gerada em locais diferentes do consumo, neste caso, compete ao titular da rede definir o percentual de energia excedente que será utilizado nas demais unidades consumidoras. Neste caso os créditos também podem ser utilizados por até 60 meses da data de faturamento e o planejamento deve ser feito pelo titular da rede não cabendo a unidade que recebe a energia injetada definir (ANEEL, 2015).

2.3.1.5 Autoconsumo remoto

Caracterizado pelo consumo de diversas unidades consumidoras sob titularidade de uma única Pessoa Jurídica, incluindo demais plantas ou Pessoa Física que possua unidade distribuidora diferente da unidade consumidora. Ambas precisam ter concessão e permissão para compensar energia (ANEEL, 2015).

2.3.1.6 Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (condomínios)

Caracterizado pelo uso independente de energia elétrica, de forma que o uso individual constitua uma unidade consumidora distinta, a responsabilidade de uso é do condomínio ou do responsável pelo empreendimento. A necessidade principal é que as unidades consumidoras estejam em um mesmo local, além da passagem de fios e encanamento não poder ser por vias públicas nem atingir propriedades terceiras (ANEEL, 2015).

2.3.1.7 Consumidores alta e baixa tensão

Os possíveis grupos de consumidores para o sistema de compensação são retratados como A e B e as disposições de conexão são definidas pela ANEEL. A ANEEL dispõe ainda de como deverá ser o pagamento do custo de disponibilidade desses grupos:

Unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B), ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será devido o pagamento referente ao custo de disponibilidade – valor em reais equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico). De forma análoga, para os consumidores conectados em alta tensão (grupo A) será devida apenas a parcela da fatura correspondente à demanda contratada (ANEEL, 2015, p.16).

A Figura 3 resume como deve ser o sistema de compensação de energia elétrica.

Figura 3 – Sistema de compensação de energia elétrica



Fonte: Cadernos Temáticos ANEEL (2015)

Além da ANEEL o Brasil possui o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) para embasar as operações de transmissão de energia nacional. Assim, a próxima seção contempla a regulamentação do ONS.

2.4 REGULAMENTAÇÃO DO OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO

São atribuições do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) contratar e administrar os serviços de transmissão do setor elétrico e suas condições de uso, acesso e serviços agregados. Atualmente a contratação dos serviços de transmissão se dão através de Contratos de Transmissão, Contratos de Prestação de Serviço de Transmissão – CPST, Contratos de Uso do Sistema de Transmissão – CUST, Contratos de Conexão e Contratos de Serviços Ancilares (agregados) (ONS, 2015)

Ainda de acordo com o ONS (2015), os CPST são elaborados em intermédio do ONS e as empresas que possuem a concessão de transmissão de energia elétrica. Os CUST são realizados entre o ONS, as concessionárias licenciadas pelo

ONS e os usuários da Rede Básica, estes usuários podem ser agentes com permissão para prestação de serviço público, agentes geradores ligados diretamente à Rede Básica de distribuição ou despachados para centrais não conectadas à Rede Básica, consumidores ligados à Rede Básica, assim como importadores e exportadores de energia elétrica. O ONS (2015) estabelece também que os tipos de contrato de conexão são: Contrato de Conexão ao Sistema de Transmissão - CCT, Contrato de Conexão ao Sistema de Transmissão com Termo de Ajuste – CCT-TA e Contrato de Compartilhamento de Instalações – CCI. Esses contratos são intermediados pelo ONS entre as concessionárias e os contratantes.

O ONS (2015) estabelece uma série de procedimentos para verificar os requisitos e ações necessárias para a realização do planejamento da operação eletroenergética, programação e administração da transmissão. São documentos de natureza normativa aprovados pela ANEEL contando com os agentes participantes.

De acordo com o Módulo 10 dos Procedimentos de Rede da ONS (2015):

Os principais objetivos dos Procedimentos de Rede são:
Legitimar, garantir e demonstrar a Transparência, Integridade, Equanimidade, Reprodutibilidade e Excelência da Operação do Sistema Interligado Nacional;
Estabelecer, com base legal e contratual, as responsabilidades do ONS e dos Agentes de Operação, no que se refere a atividades, insumos, produtos e prazos dos processos de operação do sistema elétrico;
Especificar os requisitos técnicos contratuais exigidos nos Contratos de Prestação de Serviços de Transmissão - CPST, dos Contratos de Conexão ao Sistema de Transmissão-CCT e dos Contratos de Uso do Sistema de Transmissão - CUST (ONS, 2015).

O ONS conta com 26 Módulos de Procedimentos de Rede que ditam desde os requisitos mínimos para instalações de transmissão e gerenciamento dos indicadores de desempenho, consolidação das previsões de carga, administração dos serviços de encargos, análise das instalações, termos técnicos até a modalidade de operação das usinas de despacho e programação (ONS, 2015).

Conforme regulação, o ONS busca avaliar corretamente a viabilidade das solicitações de acesso para instalações de transmissão, sendo assim, os usuários devem encaminhar a solicitação juntamente com os dados e informações da instalação e, se possível, estudos de integração e viabilidade para avaliação do setor pela ONS. Esse encaminhamento se efetiva com a emissão de um parecer de

acesso emitido pelo *site* da ONS após o preenchimento do Acesso ao Sistema de Transmissão, feito em 10 passos. Ao final da emissão, o usuário pode se tornar apto a celebrar o CUST e o CCT com o ONS e a transmissora acessada. O resumo deste “passo-a-passo” pode ser observado no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 – Acesso ao sistema de transmissão ONS em 10 passos

Ações necessárias para solicitação de instalações de transmissão	
Passo 1	Estabelecer cronograma de entrada do empreendimento no sistema
Passo 2	Selecionar o ponto de conexão
Passo 3	Obter auto autorizativo para o acesso
Passo 4	Elaborar a solicitação de acesso
Passo 5	Realizar estudos de integração do empreendimento com o sistema de transmissão
Passo 6	Preparar dados e informações sobre o acesso
Passo 7	Elaborar a carta de solicitação de acesso
Passo 8	Protocolar a solicitação de acesso
Passo 9	Início do processo de acesso
Passo 10	Emissão do parecer de acesso

Fonte: Autoria Própria

A ANEEL (1990) em conformidade com sua RN nº 281/1990, confere ao ONS, dentre outras responsabilidades, a ação de efetuar avaliações de conformidades e viabilidades técnicas dos requerimentos de acessos recebidos, quando estes envolverem novas instalações de transmissão; dessa forma, cabe ao ONS fornecer todas as informações pertinentes aos interessados. Dessa maneira, é necessário conhecer as normas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica da região onde está localizada a unidade geradora e então se normalizar com os padrões do ONS.

Além dos órgãos governamentais responsáveis pelo processo de transmissão e utilização de energia elétrica para utilização de fontes renováveis, existe no Brasil a gestão das redes fornecedoras de gás que estabelecem as normas de uso do gás natural. Neste contexto, a próxima seção retrata o que as redes fornecedoras de gás estabelecem para o uso de biogás.

2.5 REDES FORNECEDORAS DE GÁS

Um dos possíveis usos para o biogás é a venda direta para rede através da compra ou associação às redes fornecedoras. O mercado de distribuição de gás no Brasil possui 21 distribuidores e 48 mil revendedores, são 100 milhões de botijões trocados anualmente, 42 milhões de lares atendidos e geração de 350 mil empregos diretos e indiretos, abrangendo 100% do território nacional e 95% dos domicílios (SEBRAE, 2015).

No Brasil, a responsável por gerir e regular as atividades que compreendem o uso de petróleo, gás natural e biocombustíveis é a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

O SEBRAE destaca que a ANP restringe o número de botijões de gás às marcas atuantes no mercado, e a criação de novos empreendimentos e inserção de nova marca de gás no mercado tem poucas chances de sucesso, bem como as empresas que optarem por esse caminho precisam assumir o risco inerente ao negócio.

A Regulamentação ANP no que diz respeito ao uso de gás natural e biocombustíveis se embasa na Lei nº 11.097 de Janeiro de 2015 na qual, em linhas gerais, fica instituído à ANP:

- Implementar a política envolvendo gás natural e biocombustíveis protegendo os interesses dos consumidores em relação a preço, qualidade e disponibilidade do produto final;
- Fiscalizar diretamente ou por terceiros as atividades dos agentes autorizados e auditar podendo penalizar administrativamente estabelecimentos de acordo com a lei;
- Se comprometer com as práticas de bom uso e conservação do produto final;
- Organizar as informações e necessidades técnicas relacionadas às atividades reguladas;
- Regular e gerir as atividades que envolvam desde a produção até estocagem ficando livre para fiscalizar diretamente ou através de terceiros o que envolver produção, importação, exportação, armazenagem e comercialização;

- Exigir dos agentes autorizados as informações necessárias para realizar a gestão do processo;
- Definir e dispor da qualidade aceitável para o gás natural e seus derivados e dos biocombustíveis.

No que trata o uso de biometano em veículos e máquinas industriais, a próxima seção discute as resoluções aplicáveis pela ANP.

2.5.1 Uso de biometano em veículos e em máquinas industriais

A ANP (2015) de acordo com sua RN nº 21/2015 dispõe que os empreendimentos ou agentes autorizados que desejam utilizar biocombustíveis não especificados para uso experimental ou uso específico para algum fim necessitam de autorização prévia da ANP caso consumo mensal ultrapasse 10.000 litros para combustíveis líquidos e 10.000 Nm³ para combustíveis gasosos.

Ainda de acordo com a ANP (2015) e sua RN nº 21/2015 o empreendimento ou agente autorizado que quiser realizar uso experimental e específico dos biocombustíveis fica condicionado à comprovação de viabilidade técnica e ambiental aprovada pelo órgão ambiental em conformidade com o art. 9º da Lei nº 12.305/2010 que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Segundo a ANP (2015), para solicitação em uso experimental é necessário encaminhar o pedido à ANP e os documentos a serem listados estão dispostos nos anexo II.

Para uso específico, a ANP (2015) em conformidade com sua RN nº 21/2015 estabelece que o agente autorizado pode fazer o uso experimental ou realizar testes com o produto e o período de vigência do uso será o mesmo período de vigência do evento, não especificando na mesma seção da Resolução a quantidade de consumo permitida. A comunicação à ANP sobre a ocorrência do evento deve ser com antecedência de 60 dias. Entre os documentos dispostos na legislação para solicitar o uso estão:

- Relatório dos testes realizados em fase experimental e disponibilizado pela ANP;
- Requerimento contendo finalidade do uso, bem como especificação do combustível ou biocombustível e os equipamentos e/ou frota;
- Documento com informações da frota ou equipamentos industriais utilizados na fase experimental;
- Local onde foi realizada a fase experimental.

A ANP se reserva no direito de realizar auditorias no processo de produção e utilização do biometano nos agentes autorizados e para isso a Resolução ANP nº 38/2007 definiu pontos sobre a modalidade de auditar o processo:

5.1 A ANP realizará auditorias nas Certificadoras com a finalidade de: a) Verificar a regularidade e a conformidade da documentação, procedimentos e processos internos adotados nas atividades de certificação; b) Verificar a conformidade da documentação e procedimentos referentes à certificação de determinado produto; c) Certificar-se quanto correta aplicação das normas do presente e do Regulamento de Certificação de Conteúdo Local.

5.2 As auditorias serão realizadas: a) A qualquer tempo, observando o prazo mínimo de 30 (trinta) dias corridos contados a partir da data de notificação da Certificadora; b) Para verificação do atendimento ao exigido pelo “Termo de Advertência”, conforme modelo do Anexo III e item 6.3 deste regulamento; c) Em todos os contratos finalizados de Certificadora que esteja suspensa conforme item 6.4 deste regulamento, d) Quando houver denúncia de irregularidades (ANP, 2007).

No anexo I está o modelo de notificação do início da auditoria a ser realizada pela ANP. É necessário que a empresa ou agente autorizado, após se credenciar e obter a autorização para produzir e comercializar biometano atenda aos padrões da auditoria.

2.5.2 Comercialização interna

O empreendimento ou agente autorizado que optar por comercializar o seu produto através de associação com redes fornecedoras de gás necessita de regulamentação técnica disponibilizada pela Resolução ANP nº 8/2015.

A ANP (2015) fixa que é obrigação do produtor realizar análises e emitir diariamente certificação de qualidade da produção, bem como enviar quinzenalmente de acordo com instruções disponíveis no site da ANP a estatística dos dados de qualidade coletados. De acordo com a Resolução ANP nº8/2015, a qualquer momento a ANP poderá submeter o produtor a auditoria de qualidade.

De acordo com a Resolução ANP nº16/2008, é possível ainda misturar o biometano (biogás purificado) ao gás natural desde que este atenda às especificações técnicas contidas na Resolução ANP nº8/2015.

No que diz respeito aos danos ambientais ou aos equipamentos utilizados, a ANP (2015) com base em sua RN nº 21/2015 determina que a responsabilidade seja dos agentes envolvidos na comercialização e uso do produto.

A ANP (2015) estabelece ainda que o transporte do biometano deverá ser feito por meio de veículos comprovadamente específicos para transporte de gás comprimido com autenticação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

Em conjunto com as legislações e Resoluções Normativas definidas para o uso de biogás, existem as Normas Técnicas Brasileiras - ABNT e as Normas Regulamentadoras (NR) que estabelecem diretrizes para o uso de biogás, estas serão retratadas na próxima seção.

2.6 NORMAS ABNT - NBR E NORMAS REGULAMENTADORAS (NR) REFERENTES AO SISTEMA PRODUTIVO DE BIOGÁS

As normas para instalação do sistema produtivo de biogás são bem desenvolvidas em países da Europa devido às experiências sobre aproveitamento de biogás na região (FERREIRA, 2016).

No Brasil, A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), órgão privado e sem fins lucrativos, destinada à padronização de técnicas de produção é a responsável por descrever as normas brasileiras referentes ao sistema produtivo de biogás. O Quadro 3 apresenta as normas brasileiras necessárias para um sistema de produção de biogás.

Quadro 3 – Normas brasileiras para um sistema de produção de biogás

Descrição	Normas ABNT (NBR)
Referência à instalação	NBR 6118 - Projeto Estrutural
	NBR 8800 - Projeto Estrutural de aço e concreto de edifícios
	NBR 15461 - Armazenamento
	NBR 12712 - Transmissão e Distribuição
Especificação das emissões	NBR ISO 14064-1:2007 - Quantificação e Relatórios de remoção de GEE NBR ISO 14064-2:2007 - Especificação e orientação sobre GEE NBR ISO 14064-3:2007 - Especificação e orientação para validação sobre os processos envolvendo GEE
Proteção contra raios	NBR 5419 - Proteção de estruturas
Energia elétrica	NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão
Possibilidade de explosões	NBR 14432 - Exigências de resistência construtivos de edificações – Procedimento
	NBR 5418 - Instalações elétricas em atmosferas explosivas
	NBR 5363 - Equipamentos elétricos para condições explosivas – Tipo de proteção "d" - Especificação
	NBR 12313 - Instalação de gás
Tubulações	NBR 15526 - Rede de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – Projeto e execução
	NBR 14462 - Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para Redes Enterradas - Tubos de Polietileno PE 80 e PE 100 - Requisitos NBR 14722 - Armazenamento de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis - Tubulação Não Metálica Subterrânea - Polietileno

Fonte: Adaptado de Ferreira (2016) e ABNT (2016)

O Quadro 4 dispõe as normas ABNT - NBR que tangem a produção de biometano.

Quadro 4 – Normas brasileiras para um sistema de produção de biometano

Descrição	Normas ABNT (NBR)
Referência à instalação	Não identificada
Qualidade	NBR 14903 - Gás natural - Determinação da composição por cromatografia gasosa
	NBR 15616 - Odoração do gás natural canalizado
	NBR 15631 - Gás natural - Determinação de compostos sulfurados utilizando cromatografia em fase gasosa
	NBR 15765 - Gás natural e outros combustíveis gasosos - Determinação do teor de vapor de água através de analisadores eletrônicos de umidade

Fonte: Adaptado de Ferreira (2016) e ABNT (2016)

O Quadro 5 expõe as Normas Regulamentadoras(NR), Resoluções e Código de Segurança referentes ao sistema de produção de biogás.

Quadro 5 – Normas regulamentadoras (NR), resoluções e código de segurança aplicáveis ao sistema de produção de biogás

Descrição	Normas Regulamentadoras (NR), Resolução e Código de Segurança
Referência à instalação	NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na indústria da construção 18.9 Estruturas de Concreto
	NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na indústria da construção 18.8 Armações de Aço 18.10 Estruturas Metálicas
	NR 20 – Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis
Especificação das emissões	NR 20 – Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis NR 15 – Atividades e operações insalubres
Instalações de gás	NR 20 – Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis NR 23 - Proteção Contra Incêndios COSCIP RJ - 1975
Proteção contra raios	NR 16 – Atividades perigosas – Energia elétrica NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade
Rede de distribuição	NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade
Referência contra explosões	NPT 008 - Resistência ao fogo
	NR 10 - Segurança em instalações
	NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na indústria da construção 18.26 Proteção Contra Incêndio NR 23 - Proteção Contra Incêndios Resolução ANTT Nº 420/2004 COSCIP RJ - 1975
Tubulações	NR 20 – Segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis 20.8 Manutenção e Inspeção das Instalações

Fonte: Adaptado de Ferreira (2016) e MTE (2016)

O próximo capítulo aborda os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta os caminhos norteadores da pesquisa e os procedimentos metodológicos que fundamentam este trabalho. Este estudo possui como ideia central identificar possibilidades de utilização do biogás de acordo com a legislação e normas regulatórias, através de uma abordagem teórica. Do ponto de vista técnico, este trabalho caracteriza-se como uma Pesquisa Bibliográfica.

A organização deste trabalho foi através de um estudo de análise de conteúdo de forma que o objetivo central foi identificar através de uma abordagem teórica possibilidades de utilização do biogás. Quanto a sua natureza a pesquisa é aplicada, pois busca gerar conhecimentos a serem aplicados na prática e solução de problemas específicos; em relação aos seus objetivos, a pesquisa é exploratória (GIL, 1999). As próximas seções caracterizam a metodologia aplicada a este trabalho.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Decorrente de uma revisão bibliográfica, este trabalho classifica-se como Pesquisa Exploratória devido a sua natureza e Pesquisa Qualitativa em função de sua abordagem.

3.1.1 Pesquisa Exploratória

Este trabalho é pautado em uma pesquisa descritiva com caráter exploratório. Pesquisas exploratórias buscam descrever os fatores que influenciam a ocorrência de fenômenos, confere uma visão geral do aproximativo relacionado a determinado fato e não conferem hipóteses a serem testadas durante a pesquisa restringindo-se a definições sobre questões específicas (SILVA, 2001; CERVO e BERVIAN, 1996; GIL, 1999).

Durante a pesquisa, o método utilizado foi: levantamentos em fontes auxiliares. De acordo com Vasconcelos (2002), podemos compreender como fontes auxiliares, bibliografias secundárias que passaram pela filtragem de alguma maneira de elaboração teórica com caráter analítico, podendo ir desde livros até pesquisas e

artigos científicos. Este procedimento metodológico objetiva o conhecimento das vertentes do estudo e espaço onde ocorre este.

3.1.2 Pesquisa Qualitativa

Segundo Silva (2001) e Richardson (2007), é possível conceituar que a pesquisa qualitativa possui relação ativa entre a realidade e o sujeito, de forma que a conexão entre a subjetividade e o objetivo não pode ser traduzido em números. Esta pesquisa possui caráter descritivo e sua análise foi de maneira intuitiva indutiva. Não foi necessário o uso de modelos matemáticos ou técnicas específicas e o pesquisador é o elemento chave.

3.2 MÉTODOS

Conforme Marconi e Lakatos (2006), o método científico pode ser um conjunto de procedimentos validados por uma comunidade científica assegurando a qualidade e veracidade necessária para gerar conhecimento. Este trabalho baseia-se no método científico dedutivo.

3.2.1 Método Dedutivo

Marconi e Lakatos (2006), expõem que o método dedutivo é embasado em teorias e leis existentes e em geral é o princípio da ocorrência de fenômenos particulares. Este trabalho, realizado de acordo com a análise de referenciais bibliográficos, faz uma abordagem teórica das possibilidades de utilização do biogás de acordo com os aspectos legais e regulatórios.

3.3 TRATAMENTO E ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES

O tratamento e análise dos materiais coletados para realizar este trabalho foram de acordo com a análise de conteúdo temática categorial. De acordo com Bardin (2004), esta análise consiste em desmembrar os textos de forma analógica na busca por categorias que façam sentido ao tema.

A análise bibliográfica foi realizada com intuito de identificar materiais e estudos com relevância ao tema deste trabalho. Utilizou-se bases de dados e fontes como buscas principais, sendo elas: PORTAL DE PERIÓDICOS CAPES, SCIENCE DIRECT, ANEEL, ANP e *SITES DE INCENTIVO A FONTES ENERGÉTICAS RENOVÁVEIS*, dando atenção especial àquelas que possuíam informações pautadas em legislações e normas regulatórias. Este levantamento teve maior retorno nas legislações, artigos e dissertações e as palavras-chave utilizadas para busca foram: biogás, possibilidade de utilização do biogás, purificação do biogás e legislações aplicáveis ao biogás com termos correspondentes no idioma inglês. Procurou-se filtrar termos repetidos e excluí-los da pesquisa e assim também termos que retornassem poucos dados ou informações inconsistentes. Nem todos os trabalhos mantidos podem ser considerados pertinentes ao tema, podendo estes terem colaborado para o desenvolvimento do pensamento e construção do entendimento acerca dos objetivos de pesquisa.

O Quadro 6 apresenta os resultados da relação de pesquisas, trabalhos, teses e legislações consultados para compor o marco teórico, encontrados em referências de artigos e assim como sugeridos por profissionais da área de Engenharia de Produção e das cinco fontes utilizadas.

Quadro 6 – Relação de pesquisas, trabalhos, teses e legislações

Materiais utilizados	Total de publicações	Acessados
Teses e dissertações	9	9
Jornais Científicos	2	2
Revistas Científicas	6	6
Boletins	1	1
TCC	3	3
Legislações	11	11
<i>Sites</i>	7	7
Total	39	39

Fonte: Autoria própria

Embasado nos levantamentos realizados de acordo com o Quadro 6 e de acordo com a forma de estudo apresentada iniciou-se a análise da literatura objetivando a sequência: pré-análise, análise e resultados.

A pré-análise envolve a organização das informações e ideias, é a fase onde é possível incluir e retirar dados que poderiam participar da pesquisa e selecionar elementos que possam desenvolver o tema. A análise propriamente dita consiste em criteriosa quantificação e agrupamento das informações a fim de identificar os núcleos que darão sentido ao trabalho. De acordo com Minayo (2007) é necessário durante a análise conseguir intercalar a bibliografia em uso com a opinião do autor do trabalho. Por fim, o resultado acontece quando o trabalho associa os objetivos levantados com a inferência da análise e realização da teoria adotada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo é referente aos resultados alcançados de acordo com as atividades apresentadas na etapa metodológica descritas no último capítulo. Discute ainda os benefícios das possibilidades de utilização do biogás.

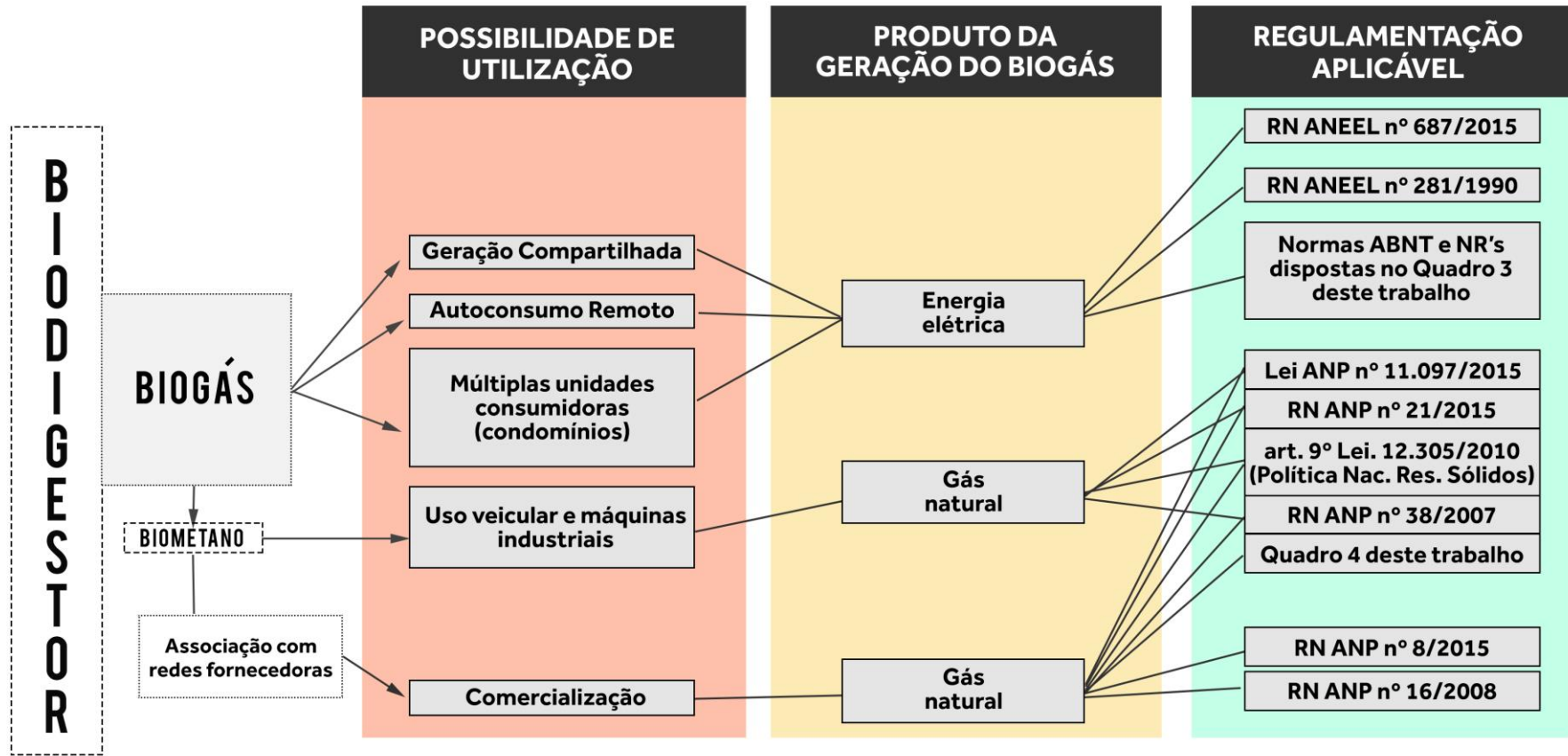
4.1 POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS DE ACORDO COM NORMAS REGULATÓRIAS RECOMENDADAS E LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS

De acordo com a característica teórica delineada para este trabalho, o *framework* representado na Figura 4 contém as legislações, resoluções, Normas ABNT (NBR) e Normas Regulamentadoras (NR) encontradas referentes ao uso de biogás e biogás purificado. A fase de pré-análise evidenciada no capítulo anterior promoveu a construção da estrutura de informações e o conhecimento de cinco possibilidades de utilização, tidas como mais aplicáveis para um processo de produção de biogás. Para se chegar às opções de uso do biogás foram adotados os critérios: utilizar projetos já existentes referentes a um sistema de produção de biogás, em geral na zona rural; e, usar legislações e Resoluções Normativas que estivessem aplicadas em processos já consolidados de produção e uso de biogás.

Além das possibilidades regulamentadas, a estrutura contempla qual a finalidade (produto da geração do biogás) do uso do biogás gerado e também a classificação das legislações, normas e resoluções aplicáveis ao emprego do biogás na geração de energia.

Tais possibilidades de utilização foram alocadas de acordo com a regulamentação disponível. A discussão de cada uma das possibilidades se deu nas seções que sucedem a Figura 4.

Figura 4 – Estrutura de sugestões e soluções para utilização do biogás amparadas por regulamentações



Fonte: Autoria própria

4.1.1 Geração Compartilhada

A geração de energia compartilhada além de trazer benefícios para o consumidor final consegue ganhar espaço nas redes distribuição de energia elétrica, pois reduz a necessidade de criar-se uma estrutura para transmissão de energia elétrica, evitando perdas. O Ministério de Minas e Energia (MME) evidencia os benefícios de utilizar a geração compartilhada que vão desde a possibilidade de atrair investimentos de energia limpa a contribuir para a redução de GEE.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2015), as legislações e normas aplicáveis à geração compartilhada se beneficiam dos incentivos do governo, e os estímulos ao desenvolvimento de tecnologias que renovam fontes energéticas aumentaram desde o ano de 2015 com o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD). Este programa formaliza a alocação dos recursos financeiros e tecnológicos para o desenvolvimento da geração distribuída no país. O programa visa estruturar os horizontes que dizem respeito às instalações e comercialização de energia gerada por agentes autorizados e demais geradores de energia. A geração compartilhada permite que diversos interessados participem de um consórcio ou cooperativa a fim de utilizarem créditos da energia gerada para redução de suas faturas de energia elétrica como se fosse um único consumidor.

Foram encontradas duas Resoluções Normativas a respeito da geração compartilhada e as normas regulatórias aplicáveis estão apresentadas no Quadro 3 da seção 2.6.

4.1.2 Autoconsumo Remoto

Conforme a Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015, o consumidor ou agente autorizado que optar por gerar a energia em locais remotos podem utilizar os créditos em outras unidades consumidoras, desde que estejam sob a titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, essas unidades vão desde matriz e filial até beneficiamento de Pessoa Física, bastando estar na mesma área de atendimento da unidade geradora.

O autoconsumo remoto é a possibilidade regulamentada de utilização do biogás que amplia as oportunidades do uso de energia renovável para diversas frações urbanas ou rurais. Além dos benefícios de distribuição, essa possibilidade permite a instalação do agente gerador em local estratégico e com condições favoráveis ao tratamento dos insumos que irão preceder a produção do biogás. As resoluções e normas regulatórias encontradas estão dispostas na Figura 4.

4.1.3 Múltiplas unidades consumidoras (condomínios)

Outra possibilidade de utilização energética regulamentada pela RN ANEEL nº 687/2015; encontrada para o biogás é a geração distribuída em empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras com uso individual. Nessa possibilidade, a energia gerada pode ser fracionada entre os condôminos de acordo com uma definição dos próprios consumidores.

Diferente da geração compartilhada que distribui a energia em forma de um "consórcio" permitindo aos agentes envolvidos reduzir a fatura dos consorciados, a opção de múltiplas unidades consumidoras pode beneficiar usuários que optarem por utilizar uma quantidade maior de energia renovável dentro do condomínio favorecido pelo uso de biogás. As normas regulatórias e resoluções encontradas para esta possibilidade de utilização são as mesmas da geração compartilhada e autoconsumo remoto.

4.1.4 Uso veicular

No que tange a possibilidade de utilização veicular, foram identificadas duas Resoluções Normativas e duas legislações para uso do biometano, que é o biogás purificado, as normas regulatórias estão listadas no Quadro 4. Popularmente conhecido com GN Verde, ou seja, gás natural verde, o biometano é um gás eficiente e possui considerável valor ambiental quando comparado aos demais combustíveis disponíveis no mercado, pois apresenta combustão limpa (PETROBAS, 2016).

De acordo com a Petrobras (2016) a combustão limpa é isenta de agentes poluentes e é ideal para qualquer tipo de processo, em especial aqueles que

necessitam que a queima seja direta com o produto final, como na indústria de cerâmica, fabricação de vidro e cimento. Além disso, como verificado no tópico 2.2.3 a aplicabilidade do biometano em uso veicular se torna alta quando é realizada a remoção de impurezas que possam danificar os motores. Desta forma, a utilização veicular do biometano pode ser considerada aliada na preservação do meio ambiente e na melhoria da qualidade do ar das cidades.

4.1.5 Comercialização

Além das possibilidades compartilhadas e individuais de uso do biogás, existe a possibilidade regulamentada de associar-se com redes fornecedoras de gás para a comercialização do biometano. O Quadro 4 da seção 2.6 elenca as normas regulatórias para comercialização e encontrou-se quatro Resoluções Normativas e duas legislações que fixam os regulamentos necessários para realizar associação com parceiros, podendo a utilização para fins comerciais ser do material puro ou misturado ao gás natural. As resoluções a respeito da comercialização evidenciam as necessidades técnicas para que o biometano vendido não ofereça riscos para os consumidores.

Associar-se com redes fornecedoras de gás é uma opção para participar do mercado de distribuição de gás no Brasil, esta possibilidade, pautada em legislação, é regulamentada pela ANP e varia de acordo com a capacidade do agente autorizado em produzir e suprir a demanda de determinado segmento local ou nacional.

4.2 BENEFÍCIOS DAS POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS

De acordo com o MME (2016), a utilização de alternativas energéticas através do uso de biogás e biometano promove o conceito de fontes limpas e renováveis modernas contribuindo para a redução e emissão dos GEE. Utilizar o potencial energético do biogás significa substituir o uso de fontes poluentes, como energia térmica e combustíveis fósseis.

O Brasil possui abundância em matéria-prima aproveitável para uso renovável e isto permite aos consumidores gerar sua energia, compensar o

faturamento das distribuidoras e possuir garantia do uso de energia limpa. Além disso, a expansão de programas de geração distribuída e os incentivos públicos e privados para iniciativas de fontes energéticas não poluentes colaboram para o desenvolvimento sustentável das cidades. A expectativa do MME (2016) é que até o ano de 2030 o custo para criar instalações que possibilitem o uso de fontes renováveis, incluindo o biogás, reduza pela metade de forma que o investimento retorne ao consumidor em poucos anos.

Conhecer as possibilidades de utilização energética do biogás pode estruturar novas cadeias de produção de energia gerando emprego e renda, além de contribuir para a sustentabilidade em escala.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo geral identificar, teoricamente, possibilidades para utilização de biogás. Para atingir este objetivo, apoiou-se em aspectos regulatórios e normativos acerca do uso de biogás e biometano (ou biogás purificado) e foi necessário alcançar e atender aos objetivos específicos definidos no início do trabalho.

Com relação ao primeiro objetivo específico que tratou da avaliação de publicações e projetos realizados sobre possibilidades de utilização de biogás, foram realizadas buscas em periódicos, revistas científicas e *sites* contendo projetos acerca do uso de biogás, apresentando a quantidade de materiais acessados e a forma de filtragem e seleção de conteúdos pertinentes ao tema.

Em resposta ao segundo objetivo específico que buscou identificar aspectos legais referentes à distribuição e comercialização de energia elétrica e gás natural gerados através do biogás foram identificadas junto aos *sites* da ANEEL e ANP as legislações aplicáveis para utilização e comercialização de biogás e biometano e buscou-se na plataforma da ABNT e *site* do Ministério do Trabalho e Emprego as normas regulatórias para um sistema de distribuição de biogás.

O terceiro e último objetivo específico compreendeu a construção de um *framework* (ou estrutura) com as propostas de sugestões e soluções de utilização de biogás.

A estrutura formada foi de acordo com as buscas realizadas nos objetivos específicos anteriores e abrangeu cinco possibilidades de utilização do biogás pautadas em normas e legislações. Neste aspecto, a estrutura baseou-se nos projetos de uso do biogás encontrados durante as fases de pré-análise e análise para identificar, junto com a regulamentação disponível, possibilidades de utilização do biogás. A construção de uma estrutura com base em aspectos legais e normativos permitiu conhecer sugestões e soluções aplicáveis em residências, indústrias e para fins de comerciais. Apesar de existirem várias opções de uso para os biodigestores, a utilização do biogás deve ser fundamentada em normas e

legislações para evitar penalidades dos órgãos que regulamentam o mercado de energia no país.

As respostas dos objetivos específicos definidos para este trabalho conseguiram atender ao objetivo geral, visto que cada um deles propiciou análises necessárias para inferência no tema. Identificar as possibilidades de utilização do biogás dá condições a iniciativas e processos já existentes relacionados ao uso de biogás para padronizarem a utilização deste de acordo com a regulamentação aplicável. É possível afirmar, ainda, que as possibilidades de utilização encontradas podem ser replicadas em âmbito nacional, caso atenda às particularidades das empresas que fornecem energia elétrica e gás natural regionalmente.

Assim, as conclusões obtidas através dos objetivos conseguiram atender à pergunta problema deste trabalho: Quais são as possibilidades para utilização do biogás amparadas por legislação e normas regulatórias? Além da contribuição para o desenvolvimento sustentável que as possibilidades oferecem, regulamentar as ações a serem tomadas para utilização do biogás norteia o passo a passo de quem deseja beneficiar-se de fontes energéticas renováveis.

REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **Normas Técnicas Brasileiras, Internacionais e Estrangeiras**. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br> > Acesso em: 29 dez 2016.

ALVES, J. W. S. **Diagnostico técnico institucional da recuperação e uso energético do biogás gerado pela digestão anaerobia de resíduos**. Dissertação de Mestrado. PIPGE / USP, São Paulo, 2000.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). **Distribuição de energia elétrica**. Disponível em < <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=757> >. Acesso em: 12 set. 2015.

ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). **Criação de Resolução que estabelece a especificação do Biometano de origem nacional a ser comercializado em todo o território nacional**. 2015. Disponível em: < www.anp.gov.br/ > Acesso em: 18 out. 2015.

ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). **Criação de Resolução que estabelece a Cláusula de Conteúdo Local constante dos Contratos de Concessão para Exploração, Desenvolvimento e Produção de Petróleo e/ou Gás Natural, estabelecidos entre a ANP e os concessionários**. 2007. Disponível em: < www.anp.gov.br/ > Acesso em: 26 dez. 2016.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2004.

BEUX, S. **Avaliação do tratamento de efluentes de abatedouro em biodigestores anaeróbios de duas fases**. 2005. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2005.

BOLETIM ENFOQUE. **Biodigestor “PE”, fonte alternativa energética e de biofertilizantes**. Recife, 1999.

BRASIL (2000). Resolução nº01, de 17 de janeiro de 2000. **Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado do Rio Grande do Sul**. Disponível em: < http://www2.agricultura.rs.gov.br/uploads/12675565331178624369Micro_Usinas_de_Beneficiamento_e_Industrializacao_de_Leite.pdf. > Acesso em: 28 out. 2016.

BRASIL (2005). Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. **Presidência da República**. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm >. Acesso em: 29 de dez. 2016.

BRASIL (2012a). Resolução nº8, de 13 de agosto de 2012. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: < [http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2012/agosto/ranp%2023%20-%202012.xml?fn=document-frameset.htm\\$f=templates\\$3.0](http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2012/agosto/ranp%2023%20-%202012.xml?fn=document-frameset.htm$f=templates$3.0) > Acesso em: 01 nov. 2015.

BRASIL (2012b) Resolução nº8, de 23 de agosto de 2012. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: < http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2012/agosto/ranp%2023%20-%202012.xml > Acesso em: 13 out. 2015.

BRASIL (2012c). Resolução nº482, de 17 de abril de 2012. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: < www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf > Acesso em: 18 out. 2015.

BRASIL (2015). Resolução nº8, de 30 de janeiro de 2015. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <

BRASIL (2016). Resolução nº21, de 11 de maio de 2016. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=320394> >. Acesso em: 29 dez. 2016.

CALZA, L.; et al. **Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás**. Engenharia Agrícola, v. 35, n. 6, p. 990-997, 2015.

CASTRO, N. J.; et al. **A importância das Fontes Alternativas e Renováveis na Evolução da Matriz Elétrica Brasileira**, 2009.

CENBIO. **Medidas Mitigadoras para a Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Geração Termelétrica**. Brasília, 2000, 222 p.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica**. 4. ed. São Paulo: Mc Graw Hill, 1996.

COELHO, S. T.; et. al. Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás Proveniente do Tratamento de Esgoto Utilizando um Grupo Gerador de 18 kW. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. 5., 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: 2006.

CRAVEIRO, A. M. Considerações sobre projetos de plantas de biodigestão – Digestão anaeróbia e aspectos teóricos e práticos. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS ORGÂNICOS. 1982, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 1982.

CYRILLO, I. O. **Estabelecimento de Metas de Qualidade na Distribuição de Energia Elétrica por Otimização da Rede e do Nível Tarifário**. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

FERREIRA, F. A. **Estudo de normas recomendadas (NBRR) e regulamentadoras (NR) para uso térmico do biogás**. 2016. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

FILHO, J. A. C. **Biogás, independência energética do Pantanal Mato-grossense**. Circular técnica no.9. Corumbá, EMBRAPA, 1981. 53p.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GOULDING, D.; POWER, N. Which is the preferable biogas utilisation technology for anaerobic digestion of agricultural crops in Ireland: Biogas to CHP or biomethane as a transport fuel, **Renewable Energy**, v. 53, p. 121-131, mai. 2013.

GRYSCHER, J. M.; BELO, F. R. **Produção e uso do gás metano na agricultura e agro-indústria**. Piracicaba, 1983.

INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE, 2016. **Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.iee.usp.br/?q=pt-br/pesquisa>>. Acesso em: 29 dez. 2016.

JARDIM, M. A. C. **Valorização económica do biogás: geração elétrica vs. produção de biometano para injeção na rede**. 2013. 133f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Instituto Politécnico de Setúbal – Escola Superior de Tecnologia de Setúbal. Setúbal, 2013.

LOPES, I. V. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL: guia de orientação**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002, 90 p.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MINAYO, M. C. S. (Org.) **Pesquisa social: teoria, método e criatividade** 25. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2007.

MME (Ministério de Minas e Energia). **Desafios do Setor Agropecurário e Alimentos e como o biogás pode aumentar sua competitividade**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/4323103/CiBiog%C3%A1s.pdf/cfb67467-a92b-4c86-b180-5a6e528bf718;jsessionid=44AD7195A4B76541CA63A4D72367E39A.srv154>>. Acesso em: 22 mar. 2017.

MME (Ministério de Minas e Energia). **Brasil lança Programa de Geração Distribuída com destaque para energia solar**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030>. Acesso em: 29 dez. 2016.

MOURA, P.J. **Estudos das rotas tecnológicas para produção de biogás e da influência da composição química de dejetos de matrizes suínas na qualidade do biogás gerada por biodigestor**, 2012. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2012_1/Rota/Index.htm>. Acesso em: 29 dez. 2016.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão, a alternativa energética**. Editora Nobel, São Paulo, 1986.

MTE (Ministério do Trabalho e Emprego). **Normas Regulamentadoras**. Disponível em: <<http://www.mtps.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 29 dez. 2016.

OLIVEIRA, L. R. P., Biodigestor. In: VII Simpósio Goiano de Avicultura e II Simpósio Goiano de Suinocultura. 2015, Goiânia. **Anais...** Goiânia: 2015.

OLIVEIRA, R. D. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouro e as possibilidades no**

mercado de carbono. 2009. 98f. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

OLMEDO, G.; et al. Energetic performance of landfill and digester biogas in a domestic cooker. **Applied Energy Journal**, v. 134, p. 301-308, 2014.

ONU. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, 2015.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Administração dos Serviços de Transmissão**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/administracao_transmissao/contratos.aspx > Acesso em: 15 out. 2015.

PECORA, V. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP** – Estudo de caso, 2006.

PETROBRAS. **Gás Natural Industrial**. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/produtos/industriais/gas-natural-industrial>>. Acesso em: 29 dez. 2016.

PROBIOGÁS. **Biometano Como Combustível Veicular**. Disponível em: <https://www.giz.de/en/downloads/giz_biogas_como_combustivel_digital_simples.pdf >. Acesso em: 29 dez. 2016.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

SEBRAE. **Como montar uma distribuidora de botijão de gás**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/Como-montar-uma-distribuidora-de-botij%C3%A3o-de-g%C3%A1s> > Acesso em: 15 out. 2015.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. rev. atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121p.

VASCONCELOS, E. M. **Complexidade e pesquisa interdisciplinar: epistemologia e metodologia operativa**. Petrópolis: Vozes, 2002.

VILLEN, R. A., et al. **Tratamento biológico de efluentes**, 2001.

ANEXO I - Notificação de Início de Auditoria

Notificação de Início de Auditoria

	NOTIFICAÇÃO DE INÍCIO DE AUDITORIA	Nº -----
---	---	--------------------

Empresa:.....
 Razão Social.....
 CNPJ: Insc. Estadual
 Endereço:
 Código de Credenciamento: Áreas credenciadas:

Fica a empresa acima qualificada, Notificada do início de Auditoria de Certificação de Conteúdo Local, a realizar-se na data __/__/__, conforme estabelecido no Regulamento Técnico Nº

Escopo de Auditoria

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.

A auditoria será realizada pelos servidores:

1.
2.

Data,

 assinatura do responsável

ANEXO II – Documentação necessária para solicitar uso experimental

- Requerimento contendo finalidade do uso bem como especificação do combustível ou biocombustível e os equipamentos e/ou frota;
- Agentes responsáveis;
- Relatório de caracterização do produto;
- Licença ou parecer favorável do órgão ambiental vigente
- Ficha de informações e segurança de produto químico e manuseio;
- Declaração de responsabilidade que pode ser adquirida com a ANP firmada pelo agente requerente e responsável pela frota e equipamentos;
- Relatório contendo informações de emissões e durabilidade dos motores em teste;
- Cópia do contrato com empresa responsável por monitorar o produto;
- Fluxograma das etapas de produção do biogás;
- Ficha cadastral do requerente disponibilizada pela ANP;
- Relatórios das substâncias emitidas;
- Ficha cadastral da empresa ou instituição responsável pela caracterização do produto disponibilizada pela ANP;
- Relação dos veículos e equipamentos que serão utilizados na avaliação de desempenho;
- Cronograma do planejamento.