

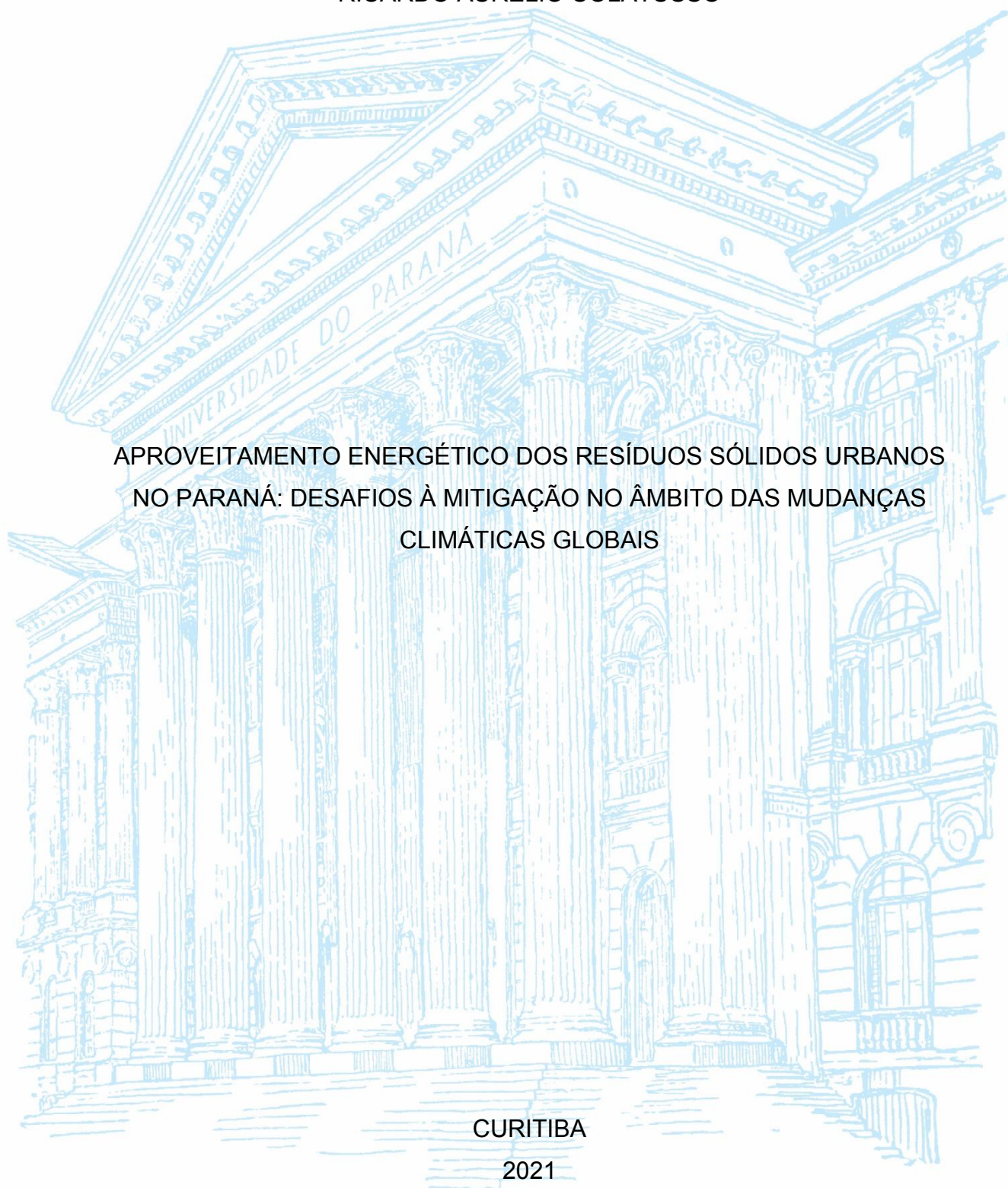
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RICARDO AURÉLIO COLATUSSO

APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
NO PARANÁ: DESAFIOS À MITIGAÇÃO NO ÂMBITO DAS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS GLOBAIS

CURITIBA

2021



RICARDO AURÉLIO COLATUSO

APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
NO PARANÁ: DESAFIOS À MITIGAÇÃO NO ÂMBITO DAS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS GLOBAIS

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento – Linha de Pesquisa: Urbanização, Cidade e Meio Ambiente, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Mendonça

Coorientadora: Prof.^a Dra. Myrian Regina Del Vecchio de Lima

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Coimbra Araújo

CURITIBA

2021

Colatusso, Ricardo Aurélio

Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos no Paraná: desafios à mitigação no âmbito das mudanças climáticas globais. - Curitiba, 2021.

260f. : il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Orientação: Francisco de Assis Mendonça

Coorientação: Myrian Regina Del Vecchio de Lima

Coorientação: Carlos Henrique Coimbra Araújo

1. Meio ambiente - Desenvolvimento. 2. Resíduos sólidos - Aspectos ambientais. 3. Mudanças climáticas. I. Mendonça, Francisco de Assis. II. Lima, Myrian Regina Del Vecchio de. III. Araújo, Carlos Henrique Coimbra. IV. Título. V. Universidade Federal do Paraná.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO - 40001016029P1

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **RICARDO AURÉLIO COLATUSSO** intitulada: **APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO PARANÁ: DESAFIOS À MITIGAÇÃO NO ÂMBITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS**, sob orientação do Prof. Dr. FRANCISCO DE ASSIS MENDONÇA, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 16 de Junho de 2021.

Assinatura Eletrônica

21/06/2021 19:27:56.0

FRANCISCO DE ASSIS MENDONÇA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

22/06/2021 13:55:00.0

CHRISTIAN LUIZ DA SILVA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

28/06/2021 11:03:50.0

CRISTINA DE ARAÚJO LIMA

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

22/06/2021 09:51:07.0

CLOVIS ULTRAMARI

Avaliador Interno (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

06/07/2021 13:27:01.0

EDUARDO FELGA GOBBI

Avaliador Externo (PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM MEIO AMBIENTE URBANO E INDUSTRIAL - PPGMAUI)

Rua dos Funcionários 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 80035-050 - Tel: (41) 3350-5764 - E-mail: made@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 97530

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 97530

A Vanessa, Bernardo e Bruna,
pelos momentos que juntos não vivenciamos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por sempre iluminar o meu caminho e não me deixar fraquejar mesmo nos momentos difíceis.

Aos meus pais, João Ilario Colatusso e Estela Maria Colatusso, pelo apoio incondicional e silencioso, e pelos ensinamentos que mil páginas não poderiam descrever.

À minha esposa Vanessa e aos meus filhos Bernardo e Bruna, minhas fontes de inspiração, incentivo e esperança em ajudar a construir um mundo ambientalmente mais sustentável e socialmente mais justo.

À Prof^a. Dra. Maria do Rosário Knechtel, por ter me incentivado a entrar e a permanecer neste programa de pós-graduação, pela disponibilidade, apoio sempre presente, pelos inúmeros momentos de conversas sobre diversos assuntos e por sempre transmitir a fé na vida.

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis Mendonça, por seu precioso tempo dispensado à minha orientação, paciência, incentivo, por seus ensinamentos extremamente valiosos e, sobretudo, minha admiração pela sua capacidade de transmitir conhecimento.

À Prof^a. Dra. Myrian Regina Del Vecchio de Lima, pela sua disponibilidade, ensinamentos, zelo para com seu orientando e por transmitir brilhantemente seus conhecimentos nas ciências sociais e na interdisciplinaridade.

Ao Prof. Dr. Carlos Henrique Coimbra Araújo, pelos ensinamentos, experiências, amizade e, principalmente, por sempre acreditar em meus projetos de pesquisa e ajudar a torná-los realidade.

Ao Prof. Dr. Eduardo Felga Gobbi, pela disponibilidade, amizade, pelas sugestões de possíveis entrevistados, por pavimentar o caminho até eles e pela participação na banca de defesa.

Ao Prof. Dr. Christian Luiz da Silva, pela disponibilidade em participar nas bancas de qualificação e defesa e pelas excelentes contribuições na melhoria deste trabalho.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR, pelos valiosos ensinamentos a mim ofertados.

Ao Grupo Estre, que opera o aterro sanitário de Fazenda Rio Grande, e à Prefeitura Municipal de Cascavel, por permitirem as visitas técnicas e fornecerem os dados para que a pesquisa de campo pudesse ser viabilizada.

Aos entrevistados, que aceitaram prontamente participar desta pesquisa de doutorado encontrando tempo em suas agendas, pelas suas informações e opiniões sinceras.

Agradeço à UFPR pela oportunidade de fazer este excelente curso de pós-graduação que me possibilitou realizar mais este sonho, e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a elaboração desta tese.

*“A experiência mais bonita que
podemos ter é o mistério.
É a emoção fundamental que está no berço
da verdadeira arte e da verdadeira ciência.
Quem não sabe disso e não consegue mais
se maravilhar poderia estar morto”.*

*“A percepção do desconhecido é
a mais fascinante das experiências.
O homem que não tem os olhos abertos
para o misterioso passará
pela vida sem ver nada.”*

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho avaliou e analisou o aproveitamento energético dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Paraná e suas interações com o processo de mitigação das mudanças climáticas globais. Elaborou-se um panorama da gestão dos RSU no Brasil e no Paraná, incluindo neste quadro as emissões de gases de efeito estufa (GEE) gerais e no setor de Resíduos Sólidos; assim como apresentou o cenário atual e o potencial de inserção anual de geração de biogás e energia proveniente de RSU. A pesquisa teve ainda como objetivos levantar as políticas públicas e os programas de incentivo para o aproveitamento energético de RSU no Brasil e no Paraná; investigar os processos de mitigação de GEE, por meio de dados de campo de geração de biogás, conversão em energia elétrica e emissões evitadas de metano (CH₄) e de dióxido de carbono (CO₂) em instalações existentes no Paraná; e avaliar o entendimento de atores institucionais a respeito da gestão dos RSU e sua articulação com as políticas públicas para o aproveitamento energético. Esta pesquisa utiliza o método hipotético-dedutivo e é classificada como exploratória, descritiva, analítica e com abordagem quantitativa e qualitativa. Os métodos utilizados foram o levantamento de dados secundários, a pesquisa de campo com estudos de caso e as entrevistas com informantes qualificados. Os resultados demonstraram que são necessários avanços no panorama dos RSU no Brasil, principalmente na sua coleta e destinação adequada; que as emissões brasileiras e paranaenses de GEE no setor de RSU vêm crescendo nas últimas duas décadas em 86,8% no Brasil e 73,6% no Paraná. Os dados também apresentaram considerável potencial para o aproveitamento energético dos RSU, bem como para captura e redução de GEE. As entrevistas realizadas com atores institucionais trouxeram elementos novos que demonstraram a complexidade da problemática e das soluções possíveis. Ao fim, depreende-se que a articulação das políticas públicas fica inviabilizada por diversos fatores político-institucionais e culturais: a falta ou a forma de cobrança pelos serviços de coleta e tratamento dos RSU, a falta de estrutura administrativa e corpo técnico específico nos municípios, para fazer o planejamento, aplicação das tecnologias e a gestão dos RSU. A forma de criação dos consórcios intermunicipais para gestão e os modelos de contratos de remuneração por peso. A falta de vontade política em resolver o assunto e a necessidade de avançar nos processos de educação e comunicação ambiental, tanto para os gestores quanto para a população em geral. A necessidade dos municípios elaborem seus planos municipais de resíduos sólidos de comum acordo com a Política Estadual de Educação Ambiental, pois são indissociáveis. A coleta seletiva, inclusive com mais tipos de separação é a base para diminuir o impacto ambiental e as mudanças climáticas.

Palavras-chave: Meio Ambiente, Energias Renováveis, Resíduos Sólidos Urbanos, Mudanças Climáticas, Mitigação.

ABSTRACT

This work evaluated and analyzed the energy use of Municipal Solid Waste (MSW) in Paraná and its interactions with the process of mitigating global climate changes. An overview of the MSW management in Brazil and Paraná was elaborated, including in this table the general greenhouse gas (GHG) emissions and in the Solid Waste sector; as well as presented the current scenario and the potential for annual insertion of generation of biogas and energy from MSW. The research also had as objectives, to raise public policies and incentive programs for the energy use of MSW in Brazil and Paraná; investigate the GHG mitigation processes, using data from the field of biogas generation, conversion into electrical energy and avoided emissions of methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) in existing facilities in Paraná; and, to evaluate the understanding of institutional actors regarding the management of MSW and its articulation with public policies for energy use. This research uses the hypothetical-deductive method and is classified as exploratory, descriptive, analytical and with a quantitative and qualitative approach. The methods used were the collection of secondary data, field research with case studies and interviews with qualified informants. The results showed that advances are necessary in the panorama of MSW in Brazil, mainly in its collection and proper destination; that Brazilian and Paraná GHG emissions in the MSW sector have been growing in the last two decades by 86.8% in Brazil and 73.6% in Paraná. The data also showed considerable potential for the energy use of MSW, as well as for the capture and reduction of GHG. The interviews carried out with institutional actors brought new elements that demonstrated the complexity of the problem and the possible solutions. In the end, it appears that the articulation of public policies is made impossible by several political-institutional and cultural factors: the lack or form of charging for the collection and treatment of MSW services, the lack of administrative structure and specific technical staff in the municipalities, to plan, apply technologies and manage MSW. The form of creation the inter-municipal consortia for management and the models of pay-by-weight contracts. The lack of political will to resolve the issue and the need to advance in the processes of environmental education and communication, both for managers and for the population in general. The need for municipalities to prepare their municipal solid waste plans in agreement with the State Environmental Education Policy, as they are inseparable. Selective collection, including more types of separation, is the basis for reducing environmental impact and climate change.

Keywords: Environment, Renewable Energies, Municipal Solid Waste, Climate Change, Mitigation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CONCENTRAÇÃO DE CO ₂ (PPM) NA ATMOSFERA TERRESTRE (CURVA DE KEELING).....	29
FIGURA 2 – CURVA DE KEELING: CONCENTRAÇÃO DE CO ₂ (PPM) OBSERVADA EM DADOS PRÉ-INDUSTRIAIS.....	30
FIGURA 3 – VARIAÇÃO DAS TEMPERATURAS MÉDIAS GLOBAIS	31
FIGURA 4 – FORMAS DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICOS DOS RESÍDUOS	78
FIGURA 5 – PRINCIPAIS FASES DA BIODEGRADAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA PRESENTE NOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	80
FIGURA 6 – PLANTA TÍPICA PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS DE ATERRO.....	81
FIGURA 7 – MODELOS DE POÇOS DE EXTRAÇÃO DE BIOGÁS DE ATERRO VERTICAL E HORIZONTAL.....	82
FIGURA 8 – FORMAS DE UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS	91
FIGURA 9 – ETAPAS DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	92
FIGURA 10 – FLUXOGRAMA DE POSSIBILIDADES DE TRATAMENTO DOS RSU.....	95
FIGURA 11 – ÍNDICE DE COBERTURA DA COLETA DE RSU (%).....	98
FIGURA 12 – DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU NO BRASIL POR TIPO DE DESTINAÇÃO (T/DIA).....	98
FIGURA 13 – DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU NO BRASIL POR TIPO DE DESTINAÇÃO (T/ANO)	99
FIGURA 14 – EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE – RSU NO BRASIL – DE 1990 A 2018 – EM CO ₂ E(T) GWP-AR5.....	105
FIGURA 15 – EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE – RSU NO PARANÁ DE 1990 A 2018 – EM CO ₂ E(T) GWP-AR5 DE 1990 A 2018	107
FIGURA 16 – LOCALIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE	133
FIGURA 17 – VISTA AÉREA DO MACIÇO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE.....	134

FIGURA 18 – IMAGENS DO CONTROLE DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE	134
FIGURA 19 – TRATAMENTO DE EFLUENTES DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE	135
FIGURA 20 – SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE	136
FIGURA 21 – LOCALIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE CASCAVEL.....	140
FIGURA 22 – IMAGENS DO CONTROLE DO ATERRO SANITÁRIO DE CASCAVEL.....	140
FIGURA 23 – IMPERMEABILIZAÇÃO DE BASE DO ATERRO SANITÁRIO DE CASCAVEL	141
FIGURA 24 – SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DO ATERRO SANITÁRIO DE CASCAVEL	142
FIGURA 25 – HIERARQUIA DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	165
FIGURA 26 – DIMENSÕES DA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE PELO CICLO DE VIDA.....	166

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ENTREVISTAS E ORGANIZAÇÃO REPRESENTADA	44
TABELA 2 - OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS	48
TABELA 3 - ESQUEMA HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DOS ESTUDOS RELATIVOS A ENERGIA, CIENTISTAS E SUAS CONTRIBUIÇÕES.....	50
TABELA 4 - PROPOSIÇÕES E PRINCÍPIOS PARA PLANEJAR CIDADES RESILIENTES.....	65
TABELA 5 - PRINCIPAIS GASES DE EFEITO ESTUFA NA GESTÃO DE RESÍDUOS	73
TABELA 6 – POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL (CO ₂ E).....	74
TABELA 7 - FATORES DE EMISSÃO PARA RESÍDUOS RESIDENCIAIS DEPOSITADOS EM ATERROS (KGCO ₂ E/T)	75
TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS E COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS	79
TABELA 9 - PRODUÇÃO DE METANO COM RESÍDUOS MUNICIPAIS BRASILEIROS	79
TABELA 10 - QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS POR TIPO DE DISPOSIÇÃO FINAL ADOTADA.....	99
TABELA 11 - COMPOSIÇÃO DOS RSU NO PARANÁ – POR FAIXA POPULACIONAL	100
TABELA 12 - CLASSIFICAÇÃO DA DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU NO PARANÁ	101
TABELA 13 - MUNICÍPIOS PARANAENSES COM APROVEITAMENTO DE GASES EM ATERROS SANITÁRIOS	101
TABELA 14 - EMISSÕES TOTAIS DE GEE – BRASIL – ANO 2018 EM CO ₂ E(T) GWP-AR5	103
TABELA 15 - EMISSÕES DE GEE – RSU NO BRASIL – EM CO ₂ E(T) GWP-AR5	104
TABELA 16 - EMISSÕES TOTAIS DE GEE – PARANÁ – ANO 2018 EM CO ₂ E(T) GWP-AR5	105
TABELA 17 - EMISSÕES DE GEE – RSU NO PARANÁ – EM CO ₂ E(T) GWP-AR5	106
TABELA 18 - PRODUÇÃO ANUAL DE RSU NO BRASIL E NO PARANÁ (T).....	108

TABELA 19 - POTENCIAL DE INSERÇÃO ANUAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E DE ENERGIA ELÉTRICA PROVENIENTES DE RSU NO BRASIL E NO PARANÁ (M3) E (GWh)	109
TABELA 20 - CUSTO ESTIMADO DOS EQUIPAMENTOS DE CONVERSÃO DE ENERGIA PARA ELETRICIDADE	118
TABELA 21 - CUSTO ANUAL ESTIMADO DE O&M DOS EQUIPAMENTOS DE CONVERSÃO DE ENERGIA PARA ELETRICIDADE	118
TABELA 22 - VALOR DO CRÉDITO DE CARBONO NO MERCADO FINANCEIRO DE 2005 A 2018 (EUROS).....	120
TABELA 23 - VALOR DO CRÉDITO DE CARBONO NO MERCADO FINANCEIRO EM 2019 (EUROS).....	120
TABELA 24 - POLÍTICAS E ESTRATÉGIAS DEFINIDAS EM DIVERSOS PAÍSES EUROPEUS PARA INSERÇÃO DO USO DO BIOGÁS.....	125
TABELA 25 - RESUMO DO QUESTIONÁRIO APLICADO NO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE	136
TABELA 26 - RESUMO DO QUESTIONÁRIO APLICADO NO ATERRO SANITÁRIO DE CASCAVEL	142

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abrelpe	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
BM	Banco Mundial
CDR	Combustível Derivado de Resíduo
CGR-Iguaçu	Centro de Gerenciamento de Resíduos Iguaçu
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
Feam	Federação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais
GEE	Gases de Efeito Estufa
GMI	Global Methane Initiative
GWP	Global Warming Potential
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	International Energy Agency
IPCC	Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas
IPTU	Imposto Predial Territorial Urbano
ISO	International Organization for Standardization
LFG	Landfill Gas
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MP/PR	Ministério Público do Paraná
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONS	Operador Nacional do Sistema
ONU	Organização das Nações Unidas
PAG	Potencial de Aquecimento Global
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PIB	Produto Interno Bruto
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima

PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPGMade	Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento
Probiogás	Projeto Brasil-Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
Sedest/PR	Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Turismo do Paraná
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
Senai/PR	Sistema Nacional da Indústria – PR
SIS	Sistema Interligado Nacional
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNIS-RS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – Resíduos Sólidos
Unep	United Nations Environment Programme
Unesco	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura
WTE	Waste To Energy

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	19
1 INTRODUÇÃO	22
1.1 JUSTIFICATIVA	24
1.2 PROBLEMATIZAÇÃO.....	26
1.3 HIPÓTESES E OBJETIVOS	34
2 METODOLOGIA DA PESQUISA	38
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	39
2.2 LEVANTAMENTO DE DADOS SECUNDÁRIOS	39
2.3 PESQUISA DE CAMPO E SEUS PROCEDIMENTOS DE COLETA.....	40
2.3.1 Estudo de caso.....	41
2.3.2 Entrevistas semiestruturadas	42
3 ENERGIA, SOCIEDADES, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AS POLÍTICAS AMBIENTAIS	49
3.1 CRISE SOCIOAMBIENTAL COMO CRISE DA CIVILIZAÇÃO	53
3.2 METROPOLIZAÇÃO, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E CIDADES RESILIENTES.....	62
3.3 POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS	67
3.3.1 Política Nacional Sobre Mudança do Clima	69
4 OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	72
4.1 CARACTERÍSTICAS E APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS.....	76
4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO BIOGÁS DE RSU	78
4.3 PLANTA TÍPICA PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS DE ATERRO	81
4.4 METODOLOGIAS DE MDL PARA RESÍDUOS SÓLIDOS.....	83
4.4.1 Metodologias de Grande Escala	84
4.4.2 Metodologias de Pequena Escala	86
4.5 MÉTODOS DE CÁLCULO RECOMENDADOS PARA ESTIMATIVAS DE EMISSÕES EM ATERROS	87
4.5.1 Modelos de ordem zero.....	87
4.5.2 Modelos de primeira ordem.....	88

4.5.3	Modelos multifásicos	88
4.5.4	O modelo utilizado pelo MDL	89
4.6	FORMAS DE UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS	89
4.7	O GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	92
5	APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	
	URBANOS EM ATERROS SANITÁRIOS	97
5.1	PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	97
5.2	PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO PARANÁ	100
5.3	EMISSIONES DE GEE NO SETOR DE RESÍDUOS URBANOS	101
5.3.1	Panorama Geral de Emissões Brasileiras de GEE	103
5.3.2	Emissões Brasileiras de GEE no setor de Resíduos Sólidos	104
5.3.3	Panorama Geral de Emissões Paranaenses de GEE	105
5.3.4	Emissões Paranaenses de GEE no setor de Resíduos Sólidos	106
5.4	POTENCIAL DE INSERÇÃO ANUAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS E ENERGIA ELÉTRICA PROVENIENTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL E NO PARANÁ	107
5.5	PROGRAMAS DE INCENTIVO AO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RSU NO BRASIL E NO PARANÁ	110
5.6	VIABILIDADE ECONÔMICA	116
5.6.1	Investimento Inicial	116
5.6.2	Custos Anuais de Operação	118
5.6.3	Tributos e Encargos	119
5.6.4	Receitas do Projeto	119
5.7	AS EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS PARA O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	121
5.8	ATERROS SANITÁRIOS COM APROVEITAMENTO ENERGÉTICO NO PARANÁ	132
5.8.1	Aterro Sanitário de Fazenda Rio Grande	132
5.8.2	Aterro Sanitário de Cascavel	139
5.9	ENTREVISTAS	145
5.10	SÍNTESE ANALÍTICA	159
6	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	167
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS	174

REFERÊNCIAS	175
ANEXO 1	190
ANEXO 2	193
ANEXO 3	195

APRESENTAÇÃO

Sou nascido em Curitiba e passei a minha infância em um bairro que era praticamente uma colônia do interior. Sou filho de camponeses italianos que fizeram sua migração do ambiente rural para a cidade nos anos 1970, como muitos brasileiros, mas que conservaram seus costumes. E, de fato, sentia-me desde criança como parte integrante do ambiente. Desde cedo, aprendi a cuidar da água, do ar e do solo, pois, como diziam eles, “é da natureza que se retira a sobrevivência, portanto, é preciso cuidá-la”. Da mesma forma, aprendi que os resíduos podem e devem ter um destino a ser aproveitado, na engorda dos animais ou na formação de adubo, ou seja, é energia disponível.

Sou formado (1997) em Engenharia Industrial Elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, antigamente denominado Cefet/PR, na época uma das melhores escolas de engenharia do país, com formação extremamente técnica e disciplinar. A missão dessa instituição sempre foi dar suporte ao processo de industrialização do Brasil. Mas devo citar que as questões ambientais nunca foram muito integrantes do processo de ensino e aprendizagem daquele instituto, na época.

Entretanto, a vida nos carrega muitas vezes para caminhos não planejados. E, no meu caso, nunca trabalhei especificamente na área industrial. As telecomunicações sempre foram a atividade profissional que mais exerci, bem como projetos e instalações para geração de energia elétrica. Também, foi no ofício da docência em cursos técnicos e de graduação que tive a oportunidade de ministrar o tema das energias renováveis, objeto principal das minhas pesquisas. Assim, desde 2012, tornei-me um pesquisador independente na área de Energias Alternativas Renováveis, mais precisamente a energia solar fotovoltaica.

Foi o trabalho em docência que me despertou o interesse em desenvolver meus conhecimentos, o que me fez cursar um mestrado. Escolhi o PPGMada da UFPR por ser um programa cuja interdisciplinaridade é vista como um processo de construção do conhecimento resultante do campo ambiental e da problemática do desenvolvimento sustentável, que se insere na relação existente entre natureza e sociedade. Esse programa tem como um dos seus objetivos promover a formação de mestres e doutores, proporcionando uma abordagem interdisciplinar como uma necessidade de articulação das diferentes áreas do conhecimento, de forma a

oportunizar pesquisas de forma colaborativa e contribuir na construção de saberes e práticas que integram a complexidade das questões socioambientais.

Finalizei o mestrado, com defesa realizada no dia 14/03/2018, com o título da dissertação: “A Energia Solar e sua Contribuição na Matriz Energética do Paraná: Aspectos Socioambientais e de Sustentabilidade Local”. O trabalho analisou quais influências a instalação de sistemas de aquecimento solar e de microgeração de energia solar fotovoltaica exercem no consumo de energia elétrica de residências que utilizam essas tecnologias. Verificou-se, também, a percepção ambiental dos moradores dessas instalações.

Motivado pela conclusão do mestrado, decidi permanecer no programa e desenvolver uma nova pesquisa, relacionando novamente ambiente, sociedade e energias renováveis. O *insigth*, dessa vez, surgiu da curiosidade e do desejo de entender por que as cidades brasileiras não conseguem transformar os resíduos sólidos urbanos, considerados um passivo ambiental, em um ativo financeiro como parte da solução do problema, dado que em diversos países o “lixo” é visto como um valioso recurso. Essa vontade aumentou depois de assistir a um programa de televisão chamado “Cidades e Soluções”, comandado pelo jornalista André Trigueiro, com o paranaense Cícero Bley Júnior, agrônomo, engenheiro e ex-diretor da Itaipu Binacional.

Somando todas as possibilidades, a estimativa é de que em torno de 25% do total de produção de energia, a partir do gás metano no Brasil, poderia sair dos resíduos. É uma produção gigantesca, mais do que uma Itaipu, por exemplo. E esse metano todo está sendo perdido, desperdiçado, não visto e poluindo. (BLEY JUNIOR, 2016)

A presente tese faz parte da linha de pesquisa *Urbanização, Cidade e Meio Ambiente*¹ do PPGMade, iniciado no ano de 2018 na turma XIII de doutorado, e constitui-se uma derivação do problema de pesquisa comum, definido de forma interdisciplinar pelos alunos da linha: *Como o processo de metropolização se relaciona com as mudanças climáticas na resiliência das cidades?* Nesse contexto, este estudo apresenta trechos e transcrições de trabalhos elaborados coletivamente e apresentados durante o período de 2018 e 2019.

¹ O Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Federal do Paraná possui quatro linhas de pesquisa em sua organização: Epistemologia Ambiental; Ruralidades, Ambiente e Sociedade; Usos e Conflitos dos Ambientes Costeiros; e Urbanização, Cidade e Ambiente Urbano.

O caminho para chegar ao tema individual percorre as temáticas centrais do PPGMade em sintonia com as disciplinas realizadas e inúmeras discussões sobre o eixo central da Turma XIII do programa, que engloba questões amplas como as relações sociedade e natureza, mudanças globais, riscos, vulnerabilidades e resiliência, até chegar a temas específicos como urbanização, metropolização e periferização, resíduos sólidos urbanos e seu aproveitamento energético com foco no meio urbano, analisando as questões socioambientais relacionada a este grupo de temáticas problematizadoras em um espaço geográfico bastante relevante para o PPGMade, o estado do Paraná.

1 INTRODUÇÃO

Os estudos sobre a diversidade e a transformação do meio ambiente têm avançado de maneira expressiva nas últimas décadas, principalmente no que se refere à questão da crise socioambiental, como um fator natural de desequilíbrio entre as espécies e sua adaptação, e também como um fator de cunho antropogênico. Além dos fatores naturais, atribui-se ao ser humano grande parte da responsabilidade pela degradação do meio ambiente, devido aos processos de produção e consumo da sociedade (FOLADORI, 1999).

Inúmeras alterações se destacam desde meados do século XX e têm se acelerado nas últimas décadas. Nesta mesma direção, Enrique Leff aponta que a forma hegemônica de consumo e exploração da natureza apresenta modificações importantes no ambiente: escassez de água, contaminação do ar e da água, diminuição de áreas florestais, mudanças climáticas, entre vários; e que isso se apresenta como resultado da organização econômica e social contemporânea (LEFF, 2000a).

Dentre as diversas alterações, a do clima da Terra tem se evidenciado como um fenômeno com efeitos globais, mas que se diferenciam nas diversas partes do mundo devido às suas condições locais específicas (sociais, econômicas e culturais). Para Bruno Latour, a situação está mais instável atualmente, pois o planeta entrou em uma mutação ecológica de escala sem precedentes, o que ele chama de “novo regime climático” (LATOURE, 2017). Antony Giddens aborda o tema dizendo que o fenômeno da mudança climática é único na história da humanidade. Para ele, o assunto não pode ser reduzido a um debate entre “esquerda e direita”, pois o cenário é de grande incerteza e risco, e mitigar seus efeitos impõe à sociedade o desafio de buscar soluções (GIDDENS, 2009). Diversas publicações do Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC), do Banco Mundial e do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), entre outras, embasam com dados o pensamento dos autores acima.

No contexto urbano brasileiro, complexo e permeado por injustiças socioambientais, os problemas relacionados ao clima têm seu impacto ampliado, gerando intensos riscos e vulnerabilidades sociais e ambientais graves. Assim, as mudanças climáticas devem ser consideradas quando associadas entre uma

condição natural de riscos com situações de exposições sociais mais extremas a eventos como inundações, secas, poluição do ar e da água, entre tantas outras.

Eduardo Viola afirma que países em desenvolvimento como o Brasil são muito mais susceptíveis às mudanças climáticas do que países desenvolvidos, devido à chamada vulnerabilidade diferencial, por razões de geografia, pela tipologia de assentamentos humanos e da renda *per capita* (VIOLA, 2008). Henri Acselrad, em seus estudos sobre (in)justiças ambientais, coloca no centro do debate o chamado socioambientalismo, que tem como objetivo dar visibilidade às comunidades e a grupos menos favorecidos e que estão expostos aos maiores riscos de degradação ambiental e consequente desigualdade social (ACSELRAD, 2010). Ainda, para o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), “as vulnerabilidades decorrem da fragilidade dos assentamentos humanos em relação a fenômenos climáticos perigosos e estão ligados a circunstâncias como localização – área de influência e capacidade de resistência – todos intrinsecamente conectados a diferentes condições ambientais, sociais, econômicas e políticas” (PBMC, 2016, p. 19).

Nesse cenário, coloca-se a questão da sustentabilidade e da importância do uso das energias renováveis. Observa-se que a utilização de recursos energéticos não renováveis é altamente danosa ao meio ambiente, aumentando os impactos sobre o equilíbrio ecológico, trazendo sérios riscos para o planeta e seus habitantes (BRANCO, 2002). Assim, como fator de desenvolvimento humano local e de justiça ambiental, apresenta-se a utilização de fontes renováveis de energia e, principalmente, do aproveitamento de um passivo ambiental representado pelo acúmulo imenso de resíduos sólidos urbanos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, é muito clara em seu artigo 3º, quando traz as seguintes definições: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama), entre elas, a disposição final, a qual observa normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e a minimizar os impactos ambientais adversos.

No Paraná, conforme as regras estabelecidas pela Resolução Aneel nº 482/2012, é permitido instalar micro e minicentrals geradoras de energia elétrica,

consideradas como geração distribuída, a partir de diversas fontes de energia. Há a possibilidade de monetização para o mercado elétrico, seguindo as regras definidas nas regulamentações da Aneel, e esse retorno financeiro pode ser revertido em benefício à população.

Diante disso, acredita-se que é de extrema importância pesquisar se, entre as suas possibilidades e seus limites, o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos pode tornar-se um vetor de desenvolvimento coerente com as premissas da sustentabilidade, considerando as condições ecológicas, econômicas e sociais, no estado do Paraná.

Aspira-se, ainda, discutir os possíveis impactos resultantes da implantação de projetos para aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos no estado do Paraná e sugerir práticas de desenvolvimento local utilizando energias renováveis, caso sejam viáveis.

1.1 JUSTIFICATIVA

A evolução humana e o desenvolvimento das sociedades sempre estiveram interligados à capacidade de captar e transformar a energia. Durante séculos, a energia produzida pela combustão de materiais *in natura*, ou fossilizados, foi utilizada para os mais variados fins: na alimentação, proteção e aquecimento, no início da industrialização para a produção de materiais, entre outros. Até o momento (2021), o padrão de utilização dos recursos energéticos se apresenta altamente prejudicial para a natureza e o bem-estar da sociedade. A integridade dos sistemas naturais está posta em risco pela utilização inadequada dos combustíveis fósseis e pelo descarte dos resíduos resultantes do seu uso, provenientes do modelo dominante de produção e consumo.

A geração de resíduos, sua destinação e sua disposição final são inerentes à sociedade desde a Revolução Industrial e produzem emissões de gases de efeito estufa (GEE), que agravam as mudanças climáticas. Uma publicação da *Global Methane Initiative* ² aponta que, a cada dia, milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos são descartados em aterros sanitários e lixões ao redor do mundo. O gás de aterro é criado como um subproduto natural da matéria orgânica em

² https://globalmethane.org/documents/landfill_actionplan_0506.pdf

decomposição, como alimentos e papel, descartados nesses aterros. Consiste em cerca de 50 por cento de metano (CH₄), um potente gás de efeito estufa quando lançado na atmosfera (GMI, 2006).

A produção de energia, a partir de diferentes fontes e processos, também é responsável por mais de dois terços das emissões globais de gases de efeito estufa. Isso significa que a produção de energia deve estar no centro da questão das discussões socioambientais e de reaproveitamento de RSU. A IEA – *International Energy Agency* aponta que, tal como acontece com todas as tecnologias de energia renovável, o principal benefício associado à recuperação de energia de resíduos sólidos urbanos representa uma redução dos poluentes gasosos que causam efeitos locais e globais. Se o gás de aterro sanitário for usado na geração de eletricidade, quantidades enormes de emissões de CO₂ equivalentes podem ser evitadas (IEA, 2006).

Paralelamente, em termos nacionais e no contexto urbano e metropolitano brasileiro, a disposição inadequada do lixo tem criado ambientes de intensos riscos e vulnerabilidades sociais e ambientais. No Brasil, a maioria dos municípios não cobra pelo serviço de manejo dos resíduos, ou cobra por meio do IPTU, não explicitando com isso o real custo financeiro e social da sua disposição final.

Identifica-se, também, que a disposição inadequada dos resíduos foi o método mais adotado pelas prefeituras por corresponder à forma financeiramente mais barata de descarte, sem se preocuparem com o passivo ambiental gerado. Observa-se que, em 2018, 40,5% de todo os RSU brasileiros ainda encontravam-se dispostos em locais inadequados, lixões ou aterros controlados (ABRELPE, 2019).

O atual momento leva a uma reflexão de responsabilidades e a um olhar para um futuro próximo, no sentido da busca de substituição das energias convencionais por energias renováveis, como já destacado em pesquisas anteriores:

Do ponto de vista econômico, sabe-se que a geração de energia elétrica com base na matriz energética convencional sofre variações de custo de produção por questões da diminuição desses recursos e restrições ambientais. Assim, as energias renováveis desempenham um papel fundamental na promoção do desenvolvimento com sustentabilidade, pois emitem baixo volume de poluentes, são produzidas a partir de fontes inesgotáveis e permitem atender as necessidades do mundo contemporâneo (COLATUSSO, 2018, p.18).

O uso da biomassa oferece grande potencial de exploração dentre as fontes renováveis de energia, sendo a bioenergia vista como uma das opções-chave para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e substituição de combustíveis fósseis. Assim, a relevância do uso do biogás no Brasil remete não apenas ao seu importante papel no ciclo global do carbono, mas também pela possibilidade potencial de seu aproveitamento como fonte bioenergética descentralizada. Entretanto, esse recurso proveniente de resíduo de matéria orgânica, um passivo ambiental que requer adequada destinação final, ainda não é largamente aproveitado energeticamente no Brasil em virtude de fatores institucionais, questões econômico-financeiras, assim como por aspectos regulatórios (BRASIL, 2001).

O aprofundamento deste estudo pretende contribuir para o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos no estado do Paraná, em especial na zona urbana de Curitiba. É importante lembrar que a sustentabilidade é um termo de caráter interdisciplinar, que remete ao bom uso da natureza e é utilizado em conjunto com o termo desenvolvimento, em seu sentido amplo. Justifica-se, portanto, uma pesquisa aprofundada cujas indicações possam confirmar os objetivos do estudo.

Embora existam diversos estudos sobre o tema “aproveitamento energético dos resíduos sólidos”, a maioria é de caráter majoritariamente técnico, indicando perspectivas, potencialidades, tecnologias, entre outros. Entretanto, pouquíssimos abordam o aspecto socioambiental do problema, tampouco fazem conexões técnico-científicas e acadêmicas entre os resíduos sólidos urbanos e a resiliência das cidades na mitigação das mudanças climáticas. Dentro do PPGMade, também existem diversas pesquisas sobre o tema RSU, mas nenhuma que aborde o aproveitamento energético desses resíduos.

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO

Inicialmente, cabe considerar alguns aspectos das dinâmicas térmicas da superfície da Terra (troposfera/biosfera), com a intenção de entender as posteriores discussões sobre quais são causas naturais e antropogênicas em relação ao aumento global da temperatura e as resultantes dessas alterações climáticas.

Considera-se como ponto de partida o fato de que a Terra se encontra a uma distância média de 150 milhões de quilômetros do Sol (OTTEWELL, 1989) e, não

obstante essa imensa separação, a radiação proveniente da estrela alcança a superfície do planeta. Porém, parte dela é refletida antes de alcançar a superfície, e parte é dissipada novamente para o espaço em forma de ondas na frequência de infravermelho. Nessa dinâmica, a porção de energia que fica sequestrada na troposfera se deve essencialmente aos gases de efeito estufa (GEE).

Os estudos do físico francês Jean-Baptiste Joseph Fourier indicaram que, nessa relação (balanço), a superfície do planeta deveria estar congelada. Em seus levantamentos, ele se referia a uma experiência de Horace-Bénédict de Saussure, que forrou um vaso com uma cortiça enegrecida e vidro exposto à luz solar, com a temperatura ficando mais elevada nos compartimentos mais interiores desse dispositivo. Fourier chegou à conclusão de que a atmosfera planetária funciona como um manto capaz de reter o calor na troposfera e, portanto, sustentar a vida como a conhecemos. Essa retenção seria possível, explica Giddens (2009), graças à presença de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, que, de acordo com as observações de Fourier, provoca aumentos da temperatura na superfície da Terra.

Giddens (2009) também ressalta que estudos posteriores como o de John Tyndall (entre 1859 e 1866) apontaram que elementos atmosféricos em maior abundância, como oxigênio (O_2) e nitrogênio (N_2), eram incapazes de reter calor, chegando à conclusão de que gases minoritários como vapor d'água, CO_2 e metano seriam os responsáveis pelo efeito estufa. Seu experimento consistia em utilizar fontes de calor que emitem radiação infravermelha dentro de um tubo onde ele dosava diferentes concentrações dos gases, medindo a energia que conseguia “atravessar” o tubo, com uma pilha termoelétrica (que funciona à base de calor). Ou seja, a diferença entre a radiação emitida pela fonte e a medida pela pilha é a energia absorvida pelo gás.

A observação do físico britânico Tyndall diagnosticou que os gases que se desprendiam das fábricas da Grã-Bretanha não estariam se dissipando como outrora; era o início do estudo sobre o efeito estufa e o aquecimento global (KOLBERT, 2007, p. 40). Cabe acrescentar que a unidade utilizada para medir a concentração desses gases na atmosfera é estabelecida em “partes por milhão” (ou ppm), sendo que 1 ppm equivale a 1×10^{-4} por cento. Em termos de proporção, o “ CO_2 representa menos de 0,04 por cento da composição do ar, e os outros gases

de efeito estufa ainda menos”³ (GIDDENS, 2009, p. 18). Isso é pouco, se pensarmos no impacto que esses gases podem produzir na biosfera, elucida o referido autor.

Outro aspecto importante a ser levado em consideração é que, pela sua proporção na atmosfera terrestre, o CO₂ se tornou o gás de efeito estufa (GEE) mais importante na literatura, sendo utilizado como referencial para quantificar a representatividade e impacto dos demais GEE. De acordo com Giddens (2009), é usada a nomenclatura CO₂e (“e” está para equivalente) para designar a totalidade de GEE. Outros gases assumem esse papel de relevância, não tanto pela sua concentração na atmosfera, ou pelo resultado de determinadas atividades humanas, e sim pela sua força radioativa, como explicam Carlsson, Kanyama e González (2009).

Por serem imprescindíveis para a ocorrência do fenômeno do equilíbrio térmico da atmosfera terrestre, as emissões de GEE são necessárias do ponto de vista da sua associação com a evolução dos ciclos naturais e também da vida humana. Entretanto, sabe-se que pequenas variações nas emissões de GEE podem ter grandes repercussões como a redução das geleiras, aumento do nível do mar, inundações, contaminação das águas, aumento das precipitações, disseminação de doenças, ondas de calor, etc. (MENDONÇA, 2012). E os mais afetados serão sempre os mais vulneráveis, que coincidem com as populações que habitam os países menos desenvolvidos, como apontam Brown *et al.* (2015).

Sobre a relação que existe entre aquecimento global e mudanças climáticas, pode-se adiantar que o primeiro fenômeno antecede às consequências do segundo. Importante destacar a percepção acerca do dado que tece a ligação entre os gases que formam a camada na troposfera e as temperaturas associadas. O metano (CH₄) é o segundo gás mais importante, após o CO₂, a contribuir no *forçamento radiativo*, ou seja, a mudança na irradiação na tropopausa causada pelo aumento da concentração dos GEE. Essa lista é seguida pelos halocarbonos e pelo óxido nitroso (N₂O). Em termos quantitativos, Carlsson-Kanyama e González (2009) explicam que, por exemplo, óxidos nitrosos são aproximadamente 300 vezes mais eficientes que o dióxido de carbono para absorver o calor.

Também, por meio de vários processos, os óxidos de nitrogênio (NO_x) interagem com gases-traço na troposfera e estratosfera, e em conjunto, absorvem

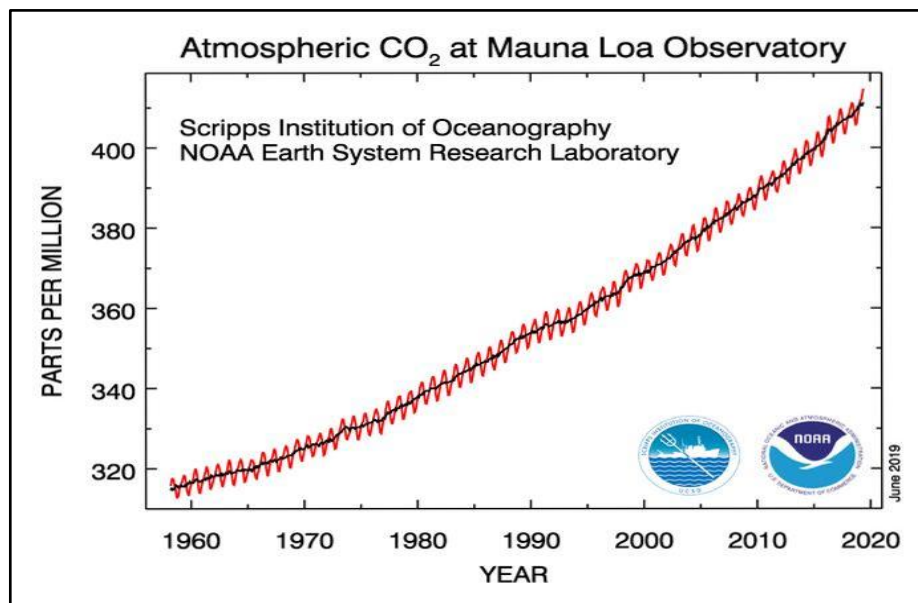
³ Tradução do autor para: “CO₂ makes up less than 0.04 per cent of the composition of the air, and the other greenhouse gases even less”

calor na faixa espectral com relevante aumento do efeito estufa. Além disso, uma pequena quantidade de NO_x depositada é convertida em nitratos e novamente liberada do solo para a atmosfera na forma de óxido nitroso (N_2O). Assim, as emissões de NO_x induzidas antropogenicamente contribuem para o aumento do efeito estufa e para a destruição do ozônio estratosférico em uma escala de tempo de mais de um século (LAMMEL; GRABL, 1995).

Charles Keeling é de especial relevância pela sua contribuição em indicar visualmente o quanto são representativas as acumulações de CO_2 na troposfera. A curva de Keeling, apesar de geralmente não mostrar dados da era pré-industrial, demonstra a tendência de aumento das concentrações de CO_2 na atmosfera ao longo do tempo. Como mostrado mais adiante, o IPCC tem elaborado gráficos similares para as concentrações de metano e óxido nitroso.

Quando são comparadas as curvas da concentração de CO_2 (FIGURAS 1 e 2), percebe-se que a concentração na era pré-industrial, apesar das variações naturais em coletas referentes a milhares de anos, em momento algum ultrapassa 300 ppm.

FIGURA 1 - CONCENTRAÇÃO DE CO_2 (PPM) NA ATMOSFERA TERRESTRE (CURVA DE KEELING)

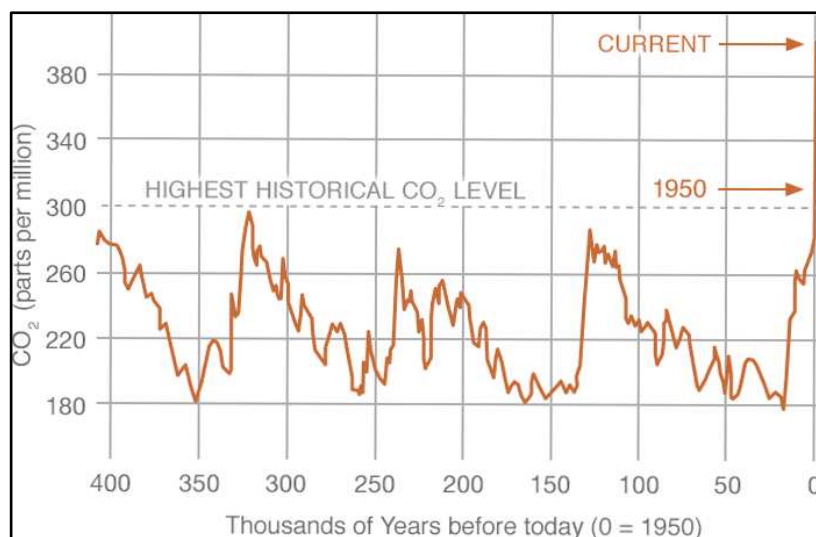


FONTE: Earth System Research Laboratory/NOA/Mauna Loa Observatory (2019).

Dentro do que cabe definir como processos históricos naturais, as pesquisas realizadas nas “bolhas” de gases do *permafrost*⁴ apontam que a naturalidade dos ciclos de concentração deste gás tem mantido relativa constância. Já quando se observa a curva a partir do século XX, essas mesmas concentrações disparam, e a tendência parece ser cada vez maior.

Observa-se, neste recorte, que a partir dos anos 1950 as concentrações de CO₂ já ultrapassavam a constante histórica das 300 ppm, e que a tendência vai aumentando. Em julho de 2019, o *Mauna Loa Observatory* registrava a marca histórica de 415 ppm de CO₂.

FIGURA 2 - CURVA DE KEELING: CONCENTRAÇÃO DE CO₂ (PPM) OBSERVADA EM DADOS PRÉ-INDUSTRIAIS

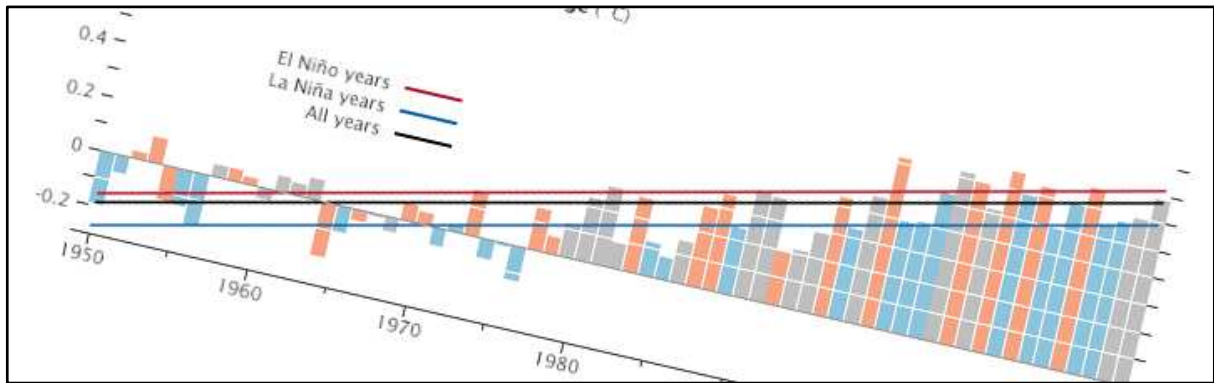


FONTE: Climate/NASA (2019).

No que diz respeito às temperaturas médias globais da Terra, é plausível de comparação o comportamento das curvas com aquelas que representam a concentração de CO₂. Na FIGURA 3, observa-se o quanto essa temperatura média tem variado ao longo do tempo.

⁴ Permafrost: “[...] or perennially cryotic ground, refers to ground (i.e., soil and rock) that remains at or below 0 °C for at least two years”. (Harris; Permafrost Subcommittee, Associate Committee on Geotechnical Research, National Research Council of Canada, 1988. p. 5).

FIGURA 3 - VARIAÇÃO DAS TEMPERATURAS MÉDIAS GLOBAIS



FONTE: Earth Observatory/NASA (2019).

Entre a validação dos fenômenos pela comunidade científica e a aceitação das mudanças, além dos impactos que ocorrem junto à sociedade civil, cabe ainda perguntar se existe relação entre as concentrações de GEE e o incremento da temperatura média global, bem como o que isso significa em termos humanos. De outro lado, a aceleração das mudanças climáticas e as projeções de sua incidência e efeitos, sob a perspectiva científica, indicam, para a maioria dos cientistas, que decorrem principalmente dos fatores antropogênicos, ou seja, das atividades humanas.

Embora existam cientistas considerados céticos e outros chamados críticos, pois ciência não é dogma, mas sim a melhor explicação possível para determinada teoria, a conclusão de causa e efeito para a grande parte dos demais cientistas aponta que a ação humana é a maior responsável pelo aumento desmedido das emissões de GEE e, por conseguinte, pelo aquecimento do planeta. Assim, as mudanças climáticas têm relação direta com causas antropogênicas e, portanto, fazem parte da categoria de riscos transtemporais e globais, aos quais Beck (1995) fazia referência.

A partir de 1988, a questão assume dimensões e interesse global. Dessa maneira, é criado no marco das Nações Unidas (ONU) o Painel Intergovernamental sobre a Mudança Climática (IPCC). Essa subdivisão está encarregada de avaliar e publicar resultados sobre a evolução das mudanças climáticas. A primeira publicação do grupo em 1990 (Primeiro Relatório de Avaliação do IPCC) motivou a formação da Convenção Marco das Nações Unidas sobre a Mudança Climática, sendo a primeira vez que se assinou um documento dessa natureza.

A questão climática é repleta de mais controvérsias quando trata de fazer previsões quanto às consequências futuras. Para o IPCC, todos os modelos teóricos utilizados projetam um aumento na temperatura média da superfície da Terra. Embora as projeções de clima futuro apresentem muitas incertezas, cabe ressaltar também que a modelagem é a forma mais eficiente para explicar as mudanças climáticas, pois essas projeções futuras são feitas com base em tendências observadas no passado.

Nesse quadro amplo de constatação das mudanças climáticas já existentes e precauções futuras, a questão da geração de resíduos inerentes à sociedade atual, que produzem emissões de gases de efeito estufa e que se tornaram um passivo ambiental, requer tratamentos e destinação final adequados. Entre os tratamentos, está o aproveitamento energético dos RSU, não muito comum no Brasil em virtude de fatores institucionais, questões econômico-financeiras, assim como por aspectos regulatórios (BRASIL, 2001).

Um aterro de resíduos sólidos pode ser considerado como um reator biológico cujas principais entradas são os resíduos e a água; e as principais saídas são os gases e o chorume. A decomposição da matéria orgânica ocorre por dois processos: o primeiro processo é de decomposição aeróbia e ocorre normalmente no período de deposição do resíduo; após esse período, a redução do O_2 presente nos resíduos dá origem ao processo de decomposição anaeróbia.

O gás de aterro é composto por vários gases, alguns presentes em grandes quantidades, como o metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2), e outros em menor quantidade, como amônia (NH_3), hidrogênio (H_2), gás sulfídrico (H_2S), nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2). O metano e o dióxido de carbono são os principais gases provenientes da decomposição anaeróbia dos compostos biodegradáveis dos resíduos orgânicos. A distribuição exata do percentual de gases variará conforme a antiguidade do aterro. Geralmente, a geração de biogás se inicia após a disposição dos resíduos sólidos, encontrando-se registros de metano ainda nos primeiros três meses após a disposição, podendo continuar por um período de 20, 30 ou até mais anos depois do encerramento do aterro. O gás proveniente dos aterros contribui consideravelmente para o aumento das emissões globais de metano (BRASIL, 2019), sendo, portanto, um fator que contribui para as alterações climáticas de origem antropogênica.

A forma de aproveitamento energético do biogás produzido pela degradação dos resíduos ocorre pela sua conversão em uma forma de energia útil - eletricidade, vapor, combustível para caldeiras ou fogões, combustível veicular ou para abastecer gasodutos com gás de qualidade. Existem alguns sistemas de aproveitamento energético consolidados no Brasil, como nos aterros Bandeirantes e São João, no município de São Paulo, que já produzem energia elétrica, e outros em desenvolvimento.

A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao país no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Estabelece a necessidade de desenvolvimento do plano nacional e dos planos estaduais de resíduos sólidos, que vão contribuir para a eliminação dos lixões, e institui instrumentos de planejamento nos âmbitos nacional, estadual, metropolitano e municipal (BRASIL, 2019).

O Paraná, recorte territorial desta tese, que produz diariamente 20 mil toneladas de resíduos de todas as origens, ainda apresenta 175 municípios com disposição inadequada dos seus resíduos, o que corresponde a 43,7% do total. São cidades grandes, médias e pequenas que sofrem pela ausência de um sistema correto de saneamento ambiental (PARANÁ, 2018).

A Política de Resíduos Sólidos do Paraná visa, principalmente, à eliminação de 100% dos lixões no estado e à redução de 30% dos resíduos gerados. Entre as ações a serem desenvolvidas, estão implementar programas de educação ambiental, em especial os relativos a padrões sustentáveis de consumo; estimular pesquisa, desenvolvimento, apropriação, adaptação, aperfeiçoamento e uso efetivo de tecnologias adequadas ao gerenciamento integrado de resíduos sólidos (PARANÁ, 2010).

Com o aumento da população brasileira e o grau de urbanização, que representa 84% do total da população vivendo em cidades, segundo o censo de 2010 (IBGE, 2020), torna-se clara a necessidade de um correto gerenciamento da disposição final de resíduos sólidos urbanos. Reduzir a emissão de gases de efeito estufa provenientes dos aterros sanitários e lixões é uma maneira de ajudar no desenvolvimento do país, pela melhoria das condições ambientais, sociais e

econômicas, e ainda por contribuir na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

Com a energia poupada, também é possível adiar os gastos com a construção de novas usinas geradoras e linhas de transmissão de energia. Além disso, a economia financeira pode ser revertida para melhoria das condições de vida das populações dos entornos desses locais.

Diante desses pressupostos, a questão que motivou o desenvolvimento do presente trabalho é: *Como os processos de aproveitamento energético proveniente dos resíduos sólidos urbanos, no Paraná, se relacionam com a sustentabilidade ambiental enquanto vetor de mitigação às mudanças climáticas globais?*

1.3 HIPÓTESES E OBJETIVOS

A partir do problema apresentado e com base nas justificativas acima, o presente trabalho tem as seguintes hipóteses que orientam o referencial teórico e o planejamento dos procedimentos metodológicos necessários à execução desta tese de doutorado:

- O aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos começa a emergir no Paraná, o que representaria uma resposta às políticas públicas ambientais para seu correto gerenciamento e destinação final ambientalmente adequada;
- O aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos, em instalações no Paraná, poderia contribuir nos processos de mitigação de GEE causadores das mudanças climáticas globais, quando verificados os dados de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) capturados.
- A não operacionalização das políticas públicas e dos programas de incentivo inviabilizaria o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos nas cidades do Paraná.

O objetivo principal desta tese consiste em avaliar e analisar o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos no Paraná e suas interações com os processos de mitigação das mudanças climáticas globais.

A partir do objetivo principal, os objetivos específicos necessários para as etapas intermediárias de elaboração da presente tese são apresentados a seguir:

- a) Elaborar um panorama da gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná, incluindo nesse quadro as emissões brasileiras e paranaenses de GEE gerais e no setor de resíduos sólidos.
- b) Apresentar o cenário atual e o potencial de inserção anual de geração de biogás e energia proveniente de resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná.
- c) Examinar as políticas públicas e os programas de incentivo para o aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná.
- d) Investigar os processos de mitigação de GEE, por meio de dados de campo de geração de biogás, conversão em energia elétrica e emissões evitadas de metano (CH₄) e de dióxido de carbono (CO₂), em instalações existentes no Paraná.
- e) Avaliar o entendimento de atores institucionais a respeito da gestão dos resíduos sólidos urbanos e sua articulação com as políticas públicas para o aproveitamento energético.

Esta pesquisa utiliza o método hipotético-dedutivo, em que são formuladas a hipóteses e pelo processo da inferência deduzem-se os resultados esperados, verificando-os por meio de experimentos, aceitando ou refutando as premissas (MARCONI; LAKATOS, 2003). Trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva (GIL, 1999); e adota abordagens quantitativa e qualitativa (POLIT; BECK, HUNGLER, 2009). E, ainda, trata-se de uma pesquisa analítica, com base em um método interpretativo (GIL, 1999).

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica em temas como energia e sociedades; crise socioambiental; cidades resilientes; políticas públicas ambientais; os RSU e as mudanças climáticas; aproveitamento energético dos resíduos sólidos, entre outros. Utilizou-se de um levantamento de dados secundários para elaborar o panorama atual sobre os RSU no Brasil e no Paraná, bem como para descrever o cenário atual e o potencial de inserção anual de geração de biogás e energia

proveniente de RSU. E, ainda, para identificar os programas de incentivo à utilização dessas tecnologias.

Na pesquisa de campo, levantaram-se dados de campo de geração de biogás, energia elétrica e emissões evitadas de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) em instalações existentes no Paraná. Esta pesquisa configura-se como um estudo de caso, cujas informações são levantadas por meio de uma amostra reduzida, mas que permite ilustrar uma situação concreta (GIL, 1999) e (YIN, 1990).

Em seguida, foram feitas entrevistas com informantes qualificados: elaboradores, executores e fiscalizadores das políticas públicas envolvidas com a questão. A entrevista é um procedimento utilizado na investigação social para a coleta de dados que normalmente não se encontram em fontes documentais e que tenham relevantes significados (MARCONI; LAKATOS, 2003). Para a análise das falas dos entrevistados, utilizou-se parte do método de Análise de Conteúdo desenvolvido por Bardin (2011).

Este trabalho de tese encontra-se dividido em sete partes:

O Capítulo 1, ou Introdução, apresenta a estrutura do trabalho: a justificativa da pesquisa; a problematização; o objetivo geral e os objetivos específicos que são os orientadores deste trabalho.

O Capítulo 2, ou Metodologia da Pesquisa, concentra-se no desenvolvimento dos procedimentos metodológicos propostos no trabalho, utilizando conceitos de pesquisa quantitativa e qualitativa, de pesquisa exploratória e analítica, de estudos de caso, de técnicas de entrevistas e de análise de conteúdo. Descrevem-se, assim, os critérios e parâmetros verificados para a avaliação.

No Capítulo 3, primeira parte da revisão da literatura, são apresentados temas como energia e sociedades, crise socioambiental, o processo de metropolização e cidades resilientes às mudanças climáticas, as políticas públicas ambientais e a política nacional sobre mudanças climáticas.

O Capítulo 4 expõe temas como as relações entre os resíduos sólidos urbanos e as mudanças climáticas, as características do biogás, as Metodologias para o Desenvolvimento Limpo, os métodos de cálculo para as emissões de gases em aterros e as formas de utilização do biogás.

O Capítulo 5, ou Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterros Sanitários, apresenta um panorama dos resíduos sólidos no Brasil e no Paraná, as emissões de GEE brasileiras e paranaenses, e as emissões no setor de

resíduos sólidos urbanos. Também é calculado o potencial de inserção anual de biogás e energia proveniente de resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná. Além disso, são levantados os eventuais programas e políticas que estimulem a produção de energia proveniente dos resíduos sólidos urbanos; os custos e os modelos mundiais para o assunto. Por fim, são apresentados os estudos de caso realizados nesta tese, sua descrição e a apresentação dos seus resultados. Além disso, é descrita a categorização do conteúdo das entrevistas realizadas com informantes qualificados. No fim do capítulo, é apresentada a síntese analítica com a discussão do tema integrando os resultados obtidos das referências teóricas, do levantamento de dados secundários, dos estudos de caso e do conteúdo das entrevistas.

O Capítulo 6 apresenta as conclusões e considerações finais da tese, de acordo com os dados obtidos durante o desenvolvimento deste estudo, e sugestões para trabalhos futuros.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo apresenta os conteúdos sobre a escolha, a adaptação, o desenvolvimento e a aplicação dos instrumentos e técnicas desta pesquisa, ou seja, o caminho construído para atingir os objetivos do estudo. Levou-se em consideração que teoria e método são dois termos inseparáveis e que necessitam ser utilizados de maneira integrada em um problema de investigação.

Esta pesquisa utiliza o método hipotético-dedutivo desenvolvido por Karl Popper (1935), no qual é formulada uma ou mais hipóteses, partindo de lacunas no conhecimento de determinado assunto; pelo processo da inferência dedutiva, testa-se a predição da ocorrência de fenômenos que estão abrangidos pelas hipóteses (MARCONI; LAKATOS, 2003). Esse método combina a observação cautelosa e a intuição científica para atingir as premissas que orientam os fenômenos de interesse. E, a partir disso, deduzem-se os resultados esperados, verificando-os por meio de experimentos; aceitando, refutando ou modificando as premissas e prosseguindo com o método.

Trata-se de uma pesquisa exploratória, pois possibilita a consideração dos mais variados aspectos relativos ao tema estudado, envolvendo: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que "estimulem a compreensão" (GIL, 1999).

Também, é classificada como uma pesquisa descritiva, pois tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis, utilizando técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática (GIL, 1999).

Esta pesquisa adota uma abordagem quantitativa e qualitativa. A pesquisa quantitativa, que tem suas raízes no pensamento positivista lógico, tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana. Por outro lado, a pesquisa qualitativa tende a salientar os aspectos dinâmicos, holísticos e individuais da experiência humana, para apreender a totalidade no contexto daqueles que estão vivenciando o fenômeno (POLIT; BECK; HUNGLER, 2009).

E, por fim, trata-se de uma pesquisa analítica, já que, dos dados analisados, extraiu-se sua relevância (GIL, 1999), com base em um método interpretativo.

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A realização da presente tese compreendeu, num primeiro momento, uma revisão bibliográfica de modo a se obter conhecimentos e fazer as reflexões de obras específicas que destacam a importância das relações da sociedade com temas implicados na pesquisa: energia e sociedades (TAMDJIAN, 2012; KUHN, 1989; DURKHEIM, 1895; COTTRELL, 1955; WHITE, 1959), RAIZER, 2009; crise socioambiental (SANTOS, 2011; QUIJANO, 1999; HOBBSAWM, 1995; GUDYNAS, 2011; MORIN, 2005; LEFF, 2011; ACOSTA; MARTINEZ, 2009; MAX-NEEF; ELIZALDE; HOPENHAYN, 2012); cidades resilientes (FIRKOWSKI, 2013; ACSELRAD, 1999; SPIRN 2012; MENDONÇA, 2012; BANCO MUNDIAL, 2010; SACCARO JR; COELHO FILHO, 2016, IEA, 2008); políticas públicas ambientais (BURSZTYN, 2012; SILVA; BIERNARSKI, 2017); os RSU e as mudanças climáticas (IPCC, 2007; IPCC, 2013; SMITH *et al.*, 2001; IPCC 2014; ONS, 2020; EPE, 2019; COLATUSO, 2018); aproveitamento energético dos resíduos sólidos (PERSSON *et al.*, 2006; CASSINI *et al.*, 2014; BRASIL, 2015; EPA, 2017; CASTILHOS *et al.*, 2003), entre outros temas e autores, de modo a identificar uma problemática no âmbito da atual crise socioambiental.

Esses aportes teóricos apresentam características interdisciplinares, de forma a permitir uma visão mais abrangente e contextual sobre a temática em exame, dada a complexidade inerente à problemática socioambiental, já apontada na parte teórica.

2.2 LEVANTAMENTO DE DADOS SECUNDÁRIOS

Com o uso de dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) e da antes denominada Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná, hoje Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Turismo do Paraná (Sedest/PR), elaborou-se um panorama atual sobre os resíduos sólidos no Brasil e no Paraná, para observar o cenário de sua disposição final, a quantidade de lixões, de aterros controlados e de aterros sanitários e de resíduos sólidos gerados por dia e por ano.

Com a utilização do método de análise de informações de fontes secundárias, adotado pelo IPCC, foi possível fazer uma estimativa das emissões provenientes dos aterros. Este método, conhecido como *Tier 2*, se caracteriza por considerar que a emissão de metano CH_4 persiste ao longo de vários anos após a disposição do resíduo. Os dados apresentados foram gerados pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), uma iniciativa do Observatório do Clima. Foram apresentadas as emissões anuais de gases de efeito estufa (GEE), bem como as emissões referentes aos RSU, no Brasil e no Paraná.

Em seguida, descreveu-se o cenário atual e o potencial de inserção anual de geração de biogás e energia proveniente de resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná. E, ainda, foram identificados, nos órgãos competentes nos âmbitos federal e estadual, os programas de incentivo à utilização dessas tecnologias, analisando-se os custos de implantação desses projetos, bem como os programas de fomento existentes.

Esses dados preliminares permitiram o levantamento de campo, as entrevistas com informantes qualificados e, em conjunto, embasaram os resultados desta tese. Também, buscaram responder os três primeiros objetivos específicos da tese: elaborar um panorama da gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná, incluindo nesse quadro as emissões brasileiras e paranaenses de GEE gerais e no setor de resíduos sólidos; apresentar o cenário atual e o potencial de inserção anual de geração de biogás e energia proveniente de resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná; e examinar as políticas públicas e os programas de incentivo para o aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná.

2.3 PESQUISA DE CAMPO E SEUS PROCEDIMENTOS DE COLETA

Com base nos dados secundários, o trabalho se encaminhou para a pesquisa de campo, com o objetivo principal de levantar dados de campo de geração de biogás, energia elétrica e emissões evitadas de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) em instalações existentes no Paraná. Inicialmente, foram visitadas instalações em operação para levantamento de dados e resultados: quantidade de biogás produzido; quantidade de energia elétrica produzida; quantidade de metano e dióxido de carbono evitados; monitoramento ambiental e outros. Em seguida, foram feitas entrevistas com informantes qualificados do ponto de vista de seu

envolvimento com a questão: membros da Sedest/PR, do Ministério Público do Paraná, da Assembleia Legislativa do Paraná, da Federação das Indústrias do Paraná, de Associações do Terceiro Setor, de consultorias especializadas no assunto e membros de universidades.

Na sequência, descrevem-se os procedimentos de coleta de dados e informações.

2.3.1 Estudo de caso

Esta pesquisa configura-se como um estudo de caso, conforme Gil (1999), pertinente às zonas urbanas de cidades do Paraná. Embora o território paranaense seja composto por diversas regiões, com diferenças geográficas, econômicas, sociais, ambientais e culturais, optou-se por realizar a pesquisa utilizando estudos dos casos disponíveis. Os estudos de caso estão baseados em uma metodologia cujas informações são levantadas por meio de uma amostra reduzida, o que em si não possibilita demonstrar o universo de cada situação, mas permite ilustrar uma situação concreta.

Segundo Yin (1990), os estudos de casos envolvem uma análise intensiva de um número relativamente pequeno de situações que às vezes se resumem a um único caso. A adoção de múltiplos casos é desejável quando a intenção da pesquisa é a descrição de um fenômeno, a construção de teoria ou o teste de teoria (YIN, 1990).

Os estudos de caso permitem explorar situações da vida real, cujos limites não estão claramente definidos, e ainda explicar variáveis de determinados fenômenos que não possibilitam a utilização de levantamentos ou experimentos (GIL, 1999).

Para compor esses estudos de caso, inicialmente foram selecionados municípios paranaenses com aproveitamento de gases de aterros sanitários, segundo dados do SNIS-RS e indicados no item 5.2, TABELA 12. Nesse levantamento, consta que os municípios de Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo estariam fazendo esse trabalho. Entretanto, em contato com as prefeituras, verificou-se que os municípios de Balsa Nova, Santa Maria do Oeste e São Pedro do Paraná não fazem aproveitamento de gases de aterro sanitário. A explicação para esse “erro” no levantamento do SNIS-RS é que

tal sistema é autodeclaratório e seu preenchimento, principalmente nas cidades pequenas, é feito por pessoas não capacitadas, o que causa inconsistência nas informações prestadas.

Em contato com a Prefeitura de Toledo, o engenheiro responsável do aterro sanitário informou que a captação de gás foi instalada em caráter experimental, iniciada em 2012 e paralisada após 2015, sendo reativada em 2018. Entretanto, o sistema de aproveitamento de biogás foi novamente desativado poucos meses depois de reativado, por roubo e vandalismo do sistema de captação. O sistema também não foi mais reativado, pois o aterro sanitário está operando na fase final da terceira sobrecamada, e os queimadores, juntamente com a captação, não foram mais instalados por questões operacionais.

Restaram, portanto, o aterro sanitário de Fazenda Rio Grande, que atende a Região Metropolitana de Curitiba e que não constava nos dados do SNIS, e o aterro sanitário de Cascavel, os quais foram objeto de descrição e análise desta pesquisa.

Os estudos de caso compreenderam uma avaliação *ex-post facto* (GIL, 1999), ou seja, realizada após a implantação das tecnologias de aproveitamento energético em aterros sanitários, a fim de observar quais influências a instalação desses sistemas exercem no meio ambiente e verificar as condições socioambientais dessas instalações.

Nessas duas unidades, aplicou-se um questionário, conforme o Anexo 2, contendo: nome e localização do empreendimento; dados do aterro sanitário; tecnologias de captação do biogás; tecnologias de geração de energia elétrica; redução de emissões; dados econômico financeiros; dados socioambientais e observações.

2.3.2 Entrevistas semiestruturadas

A entrevista foi utilizada como uma técnica de levantamento de informações em que o pesquisador formula questões ao entrevistado e este as responde. A entrevista semiestruturada é o esquema de interrogação utilizado neste estudo; o entrevistador explorou pontos de maior interesse no decorrer do processo, não se limitando somente a uma relação fixa de perguntas (GIL, 1999), satisfazendo uma das necessidades da pesquisa qualitativa.

A entrevista, ainda, é um procedimento utilizado na investigação social, para a coleta de dados ou para ajudar no diagnóstico e no tratamento de um problema social, considerado como o instrumento por excelência da investigação social. A entrevista dá oportunidade para a obtenção de dados que não se encontram em fontes documentais e que tenham relevantes significados. Além de possibilitar a obtenção de informações mais precisas, podendo ser comprovadas, de imediato, as discordâncias (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Essa etapa constou de treze entrevistas semiestruturadas feitas com informantes qualificados sobre o assunto, tendo como instrumento de coleta de dados um roteiro de entrevista e, após, a realização da transcrição literal das gravações. A escolha de entrevistados não foi orientada por critérios quantitativos (preocupação com amostragens), mas pela posição do entrevistado no grupo ou por sua experiência. Assim, o termo “Informante Qualificado” refere-se aos entrevistados que participaram, viveram, presenciaram ou se inteiraram de ocorrências e que puderam fornecer depoimentos significativos (ALBERTI, 1990).

O roteiro de entrevista, com perguntas orientadoras, encontra-se no ANEXO 3. A seleção para a entrevista teve como critério a identificação de informantes qualificados inseridos na temática da pesquisa: membros da Sedest/PR, do Ministério Público do Paraná, da Assembleia Legislativa do Paraná (Alep), da Federação das Indústrias do Paraná, de organizações e associações do terceiro setor, de consultorias especializadas e membros de universidades.

Inicialmente, a busca por informantes qualificados se deu com a pesquisa de quem eram as pessoas relacionadas ao assunto, nas três esferas de poder paranaense: Legislativo (Presidente da Comissão de Meio Ambiente da Alep), Executivo (ex-Coordenador de Resíduos Sólidos e o atual Coordenador de Projetos Sustentáveis da Sedest) e Ministério Público (dois procuradores de justiça do MP/PR), justamente em órgãos responsáveis pela formulação, execução e fiscalização das políticas públicas relacionadas ao assunto. Os demais participantes foram selecionados por amostragem não probabilística, técnica conhecida como “Bola de Neve” (HANDCOCK; GILE, 2011), na qual os indivíduos selecionados convidam ou indicam novos participantes.

As entrevistas ocorreram entre 17/06/2020 e 22/07/2020. Parte delas foi respondida por escrito via e-mail e outras ocorreram via vídeo/audioconferência e

posteriormente foram transcritas. A TABELA 1 apresenta o nome, a organização representada e a data da entrevista.

TABELA 1 - ENTREVISTAS E ORGANIZAÇÃO REPRESENTADA

Núm. Entrevista	Nome	Organização	Qualificação	Data
E1	Edson Luiz Peters	Ministério Público do Paraná	- Procurador de Justiça Aposentado (2018) do Ministério Público do Paraná. - Professor do Programa de Mestrado Profissionalizante em Gestão Urbana e Industrial – Posmau/ UFPR.	17/06/2020
E2	Saint Clair Honorato Santos	Ministério Público do Paraná	- Procurador de Justiça do Ministério Público do Paraná. - Ex-coordenador do Centro de Apoio Operacional às Promotorias de Proteção ao Meio Ambiente - Caopma - Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento – UFPR	17/06/2020
E8	Glauco Requião	Procurador de Pontal do Paraná	- Procurador Geral do Município de Pontal do Paraná / PR - Ex-presidente da CS Bioenergia / Sanepar. - Ex-diretor de Meio Ambiente e Ação Social da Sanepar	15/07/2020
E3	Vinício Bruni	Governo do Estado do Paraná	- Coordenador de Resíduos Sólidos (2011 a 2018) na Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná.	19/06/2020
E4	Charles Carneiro	Governo do Estado do Paraná	- Coordenador de Projetos Sustentáveis da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Turismo do PR – Sedest - Gerente de Resíduos Sólidos da Sanepar (2017-2019) - Professor do Mestrado Profissional em Governança e Sustentabilidade do Isae/FGV - Pós-doutor em Aquatic Science and Engineering - UNESCO-IHE (Holanda) - Membro expert do núcleo acadêmico WtERT Brasil – ABREN - Membro do comitê técnico do Clima da ABEMA	24/06/2020
E10	Goura Nataraj	Legislativo do Paraná	- Deputado Estadual Legislatura 2019-2023 - Presidente da Comissão de Meio Ambiente da Assembleia Legislativa do Paraná - Mestre em Filosofia	17/07/2020

E9	Mauricy Kawano	FIEP	- Coordenador de Meio Ambiente e Sustentabilidade da FIEP – Federação das Indústrias do Paraná - Mestre em Engenharia Ambiental	16/07/2020
E11	Cícero Bley	FIEP	- Apoiador Técnico – Conselho Temático de Energias da Fiep – Federação das Indústrias do Paraná - CEO da Bley Energias – Estratégias e Soluções - Presidente Emérito da Associação Brasileira de Biogás e Biometano - Ex-superintendente de Energias Renováveis da Itaipu Binacional - Mestre em Engenharia Civil	18/07/2020
E6	Luiz Guilherme Grein Vieira	Associações	- Presidente da Associação Paranaense dos Engenheiros Ambientais – Apeam - Diretor da Ideal Ambiental Serviços de Engenharia Ltda	01/07/2020
E7	Yuri Schmitke A. Belchior Tisi	Associações	- Presidente Executivo da Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos (Abren) - Presidente do Waste-to-Energy Research Technology Council (Wtert – Brasil) - Advogado sócio da Girardi & Advogados - Mestre em Direito e Políticas Públicas pelo UniCeub - Membro do Energy Recovery Working Group da International Solid Waste Association (ISWA)	08/07/2020
E5	Fernando Gouveia	Consultorias	- Advogado especializado na área de gerenciamento ambiental, com atuação na área contenciosa e de pesquisa jurídica. - Membro da Comissão de Direito Ambiental e da Comissão do Pacto Global da Ordem dos Advogados do Brasil - Seção do Paraná (OAB/PR).	28/06/2020
E13	Helder Rafael Nocko	Consultorias	- Proprietário da Envex Engenharia e Consultoria - Ex-presidente da Associação Paranaense dos Engenheiros Ambientais - Consultor do Plano Estadual de Resíduos Sólidos - Engenheiro Ambiental - Mestre em Métodos Numéricos para Engenharia / UFPR	22/07/2020

E12	Marília Tissot	Consultorias	- Diretora Executiva da Revalore Eng. Ambiental e Coprocessamento Consultoria - Engenheira Química	21/07/2020
-----	----------------	--------------	---	------------

FONTE: Autor – Tabulação própria (2020).

A análise das falas dos entrevistados utilizou parte do método de Análise de Conteúdo desenvolvida por Bardin (2011). Esse método compõe um ciclo: a) organização da análise; b) codificação; c) categorização; d) tratamento dos resultados, inferência e a interpretação dos resultados. Em seu todo, constitui um processo auto-organizado do qual emergem novas compreensões (BARDIN, 2011), mas é possível utilizar partes das técnicas recomendadas no método, o que foi feito neste trabalho. Os resultados da análise do conteúdo das entrevistas estão apresentados no subcapítulo 5.9.

A fase de organização da análise de conteúdo das entrevistas se dividiu em: pré-análise, exploração do material, tratamento dos resultados (referenciação). A pré-análise teve por objetivo a organização do material. Em seguida, realizou-se a “leitura flutuante” que consiste em estabelecer contato com os documentos a analisar e em conhecer seu conteúdo, deixando-se invadir pelas primeiras impressões, possíveis *insights* e orientações (BARDIN, 2011), que se somam ao *background* teórico-prático do pesquisador, construído por meio das leituras e estudos bibliográficos e pelo conhecimento técnico na área.

Após, fez-se a escolha dos documentos, que, no caso desta pesquisa, é constituída pelo conteúdo das entrevistas. Segue-se ainda a etapa de referenciação dos índices e/ou a elaboração de indicadores de análise. Por fim, a preparação do material (BARDIN, 2011). Como as entrevistas foram compostas de dezesseis perguntas, além de comentários finais, as respostas de cada entrevistado, para cada pergunta, foram colocadas num mesmo texto, formando um novo *corpus de falas*.

A fase da codificação permitiu atingir uma representação do conteúdo ou da sua expressão, suscetível de esclarecer o analista acerca das características do texto, que podem servir de índices. Compreende a escolha das unidades, a enumeração, a escolha das regras de contagem, a classificação e a agregação (BARDIN, 2011). No caso desta pesquisa, o processo foi realizado de maneira simplificada, passando-se diretamente da “leitura flutuante” e marcação de alguns indicadores para o estabelecimento da categorização a ser descrita.

Para definir a categorização, fez-se uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, em seguida, por reagrupamento. A categorização é um processo de comparação constante entre as unidades definidas no processo inicial da análise, levando a agrupamentos de elementos semelhantes. As categorias podem ser criadas a priori (prévias) ou a posteriori (emergentes) (BARDIN, 2011). Nesta pesquisa, as categorias foram definidas após a coleta de dados, tomando-se por base as falas dos entrevistados durante a leitura flutuante e observação dos conteúdos coletados.

A última fase desse percurso é a interpretação, por meio de inferências, dos conteúdos organizados em cada categoria. Trata-se de uma operação intelectual por meio da qual se afirma a verdade inferencial de uma proposição em decorrência de sua ligação com outras já reconhecidas como inferencialmente verdadeiras.

As treze entrevistas foram consideradas adequadas para a análise e dessa etapa saíram as primeiras inferências que foram a base para a referenciação dos textos (BARDIN, 2011). As entrevistas foram compostas de dezesseis perguntas, além de comentários finais. Cada entrevista foi codificada com um número de entrevista e o número da pergunta. Exemplo: E5, 7 – entrevistado número 5, pergunta 7.

Em seguida, por agrupamentos de elementos semelhantes, as falas obtidas foram elencadas em seis categorias de análise (BARDIN, 2011):

- 1) Legislação, que compreende aspectos sobre pacto federativo, governança, incentivos fiscais, formas de contratação de empresas de limpeza pública.
- 2) Aspectos econômico-financeiros, que compreendem cobrança de tarifas, arrecadação dos municípios, escala dos serviços.
- 3) Estrutura e gestão, que compreendem aspectos sobre equipe especializada no assunto, equipamentos dedicados, planejamento e gestão adequados, aplicação das tecnologias disponíveis.
- 4) Aspectos políticos, que compreendem “vontade de fazer”, importância do assunto, interesses financeiros.
- 5) Aspectos tecnológicos, que compreendem escolha de uma tecnologia em detrimento de outras.
- 6) Aspectos culturais, que compreendem educação dos gestores públicos, educação da população, cultura do descarte.

Com os dados obtidos no levantamento de dados secundários, nos estudos de caso e nas entrevistas, surge a necessidade de uma síntese analítica final, que compreende o cruzamento das informações obtidas em cada etapa de aplicação de procedimentos metodológicos, com o objetivo de integração e compreensão dos resultados. A síntese analítica está descrita no item 5.10 desta pesquisa.

Em resumo, tendo como base a problemática, o objetivo geral desta tese consiste em avaliar e analisar o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos no Paraná e suas interações com os processos de mitigação das mudanças climáticas globais. Para responder tal objetivo, foram delineados objetivos específicos, que se apresentam abaixo na TABELA 2.

TABELA 2 - OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OBJETIVO GERAL						
Avaliar e analisar o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos no Paraná e suas interações com os processos de mitigação das mudanças climáticas globais						
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	Elaborar um panorama da gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná, incluindo nesse quadro as emissões brasileiras e paranaenses de GEE gerais e no setor de resíduos sólidos.	Apresentar o cenário atual e o potencial de inserção anual de geração de biogás e energia proveniente de resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná.	Examinar as políticas públicas e os programas de incentivo para o aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná.	Investigar os processos de mitigação de GEE, por meio de dados de campo de geração de biogás, conversão em energia elétrica e emissões evitadas de metano (CH ₄) e de dióxido de carbono (CO ₂), em instalações existentes no Paraná.	Avaliar o entendimento de atores institucionais a respeito da gestão dos resíduos sólidos urbanos e sua articulação com as políticas públicas para o aproveitamento energético.	
ESTRATÉGIA DE COLETA DE DADOS	Levantamento bibliográfico; Pesquisa documental	Levantamento bibliográfico; Pesquisa documental	Levantamento bibliográfico; Pesquisa documental	Estudos de caso – questionários aplicados em campo	Entrevistas com informantes qualificados	

FONTE: Autor – Tabulação própria (2021).

3 ENERGIA, SOCIEDADES, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AS POLÍTICAS AMBIENTAIS

Este capítulo introduz, para esta tese, a questão energética no contexto da sustentabilidade, em que são apontados aspectos teórico-conceituais para o entendimento das relações entre ambiente, sociedade, energia, RSU e mudanças climáticas. Isso porque a geração e utilização de energia tornaram-se responsáveis por mais de dois terços das emissões globais de GEE, significando que o tema energia é central nesta discussão.

Etimologicamente, o termo energia deriva do grego "*ergos*", cujo significado original é literalmente "trabalho". O conceito de energia é um dos mais importantes da Física por seu caráter fundamental não só nessa área do conhecimento, mas também em outras áreas da ciência que, em conjunto, integram a "ciência moderna". Energia é a capacidade de algo realizar trabalho, ou seja, gerar força num determinado corpo, substância ou sistema físico. Ainda, na Física, a energia está associada à capacidade de qualquer corpo de realizar trabalho, ação ou movimento.

A abordagem do conceito de energia é complexa e pode se relacionar com processos físicos e naturais. A verificação de textos históricos possibilita perceber como as teorias científicas estão em constante mudança permitindo o entendimento de pontos similares entre o conhecimento do senso comum e o conhecimento científico no decorrer da história. Além das teorias mais recentes de Newton, Bohr, Einstein, entre outros, a TABELA 3, a seguir, apresenta alguns cientistas e suas contribuições históricas sobre o tema da energia e seus processos.

A conservação é a característica mais relevante da energia. De acordo com as leis da física, a energia não pode ser criada, mas apenas transformada (Primeira Lei da Termodinâmica), sendo cada um dos tipos de energia capaz de provocar fenômenos determinados e característicos nos sistemas físicos. Para Thomas Kuhn, foram três os fatores mais importantes para a descoberta simultânea do princípio da conservação da energia: a corrente do *Naturphilosophie*⁵, o desenvolvimento das máquinas térmicas, como os motores na era da Revolução Industrial, e a disponibilidade dos processos de conversão (KUHN, 1989).

⁵ Naturphilosophie - filosofia da natureza que prezava pela estética e pela compreensão da natureza como produto e produtividade, muito próxima aos ideais antigos.

TABELA 3 - ESQUEMA HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DOS ESTUDOS RELATIVOS A ENERGIA, CIENTISTAS E SUAS CONTRIBUIÇÕES

Energia						
Ano	(1564-1642)	(1646-1716)	(1688-1742)	(1706-1749)	(1736-1813)	(1728-1832)
Cientista	Galileu Galilei	Leibniz e Huygens	Willems Gravesande	Émilie du Châtelet	Lagrange	Joseph Black, Rumford e Carnot
Contribuição	Estudou as regularidades em processos de transformações, envolvendo a força gravitacional. Descreveu o que denominou de "conservação no ímpeto presente nos corpos em movimento".	Ideia de conservação da <i>vis viva</i> ⁶ . Início do que se chama atualmente de "energia cinética", que é proporcional a mv^2 .	Publicou resultados do que se chama atualmente de "energia cinética", que é proporcional a mv^2 .	Demonstrou que a energia cinética de um objeto em movimento é proporcional à sua massa e ao quadrado de sua velocidade ($E \sim mv^2$)	Estabeleceu o que entendemos hoje como o princípio da conservação da energia mecânica.	Desenvolveram uma ideia de conservação dentro da própria "Teoria do Calórico" ⁷ .

FONTE: Autor – Tabulação própria (2020).

O conhecimento do princípio da conversão entre as energias foi de extrema importância para o desenvolvimento da "lei da conservação da energia". As experiências sobre as transformações da energia promoveram uma evolução no pensamento da época. O desenvolvimento das máquinas térmicas e dos motores e o conceito de trabalho também foram grandes responsáveis para a compreensão dessa lei. Devido a esses avanços, Joule e Mayer realizaram, entre 1840 e 1843, experiências para quantificar a energia. Resumidamente, calor significa "energia em trânsito".

Do ponto de vista da sociedade contemporânea, Émile Durkheim citava na primeira página do seu famoso tratado "As regras do método sociológico" que cada indivíduo bebe, dorme, come. A sociologia estaria interessada nessas funções que os

⁶ Na história da ciência, *vis viva* (do latim para força viva) é uma teoria científica que se prestava como uma elementar e primordial formulação do princípio de conservação da energia. Pode ser entendida como um tipo de energia cinética ou de energia relacionada aos movimentos perceptíveis.

⁷ A Teoria do Calórico é uma teoria que supunha a existência de um fluido invisível e inodoro, chamado calórico. A rigor, todos os corpos deveriam conter esse fluido na sua composição, em quantidades determinadas. Ele seria o causador das alterações de temperatura até metade do século XIX.

indivíduos exercem regularmente, ou seja, funções que suportam a vida social, enquanto a parte biológica ou físico-química da existência não é e não poderia ser o objeto da sociologia (DURKHEIM, 1895).

Durante décadas, essa lógica fenomenológica marcou o campo epistêmico da sociologia, enquanto área do conhecimento que estudava as famílias, a política ou o trabalho, fenômenos da vida humana coletiva, abrindo mão da engenharia ou das ciências naturais. No entanto, nos últimos anos, várias abordagens sociológicas começam a reconhecer o papel dos diferentes elementos "não sociais" na constituição do "social", e a se perguntar sobre as especificidades materiais dos fenômenos sociais.

Nesse contexto, a relação entre homens e entre os homens e a natureza sempre foi perpassada pela forma como esses produziam, reproduziam, apropriavam-se da energia e a distribuíam (RAIZER, 2009). Vários pensadores, a partir do século XIX, iniciaram estudos relacionando a sociedade e o uso da energia. Fred Cottrell, em sua obra, trata principalmente das mudanças culturais baseadas no uso da energia que ocorreram na Europa e na América do Norte, ao analisar as culturas camponesas subdesenvolvidas. A tese do livro salienta que "a energia disponível ao homem limita o que pode fazer e influencia o que fará" (COTTRELL, 1955). Seu livro destaca fatores como o desenvolvimento cultural a partir da dependência de fontes de energia de baixo rendimento, como plantas e animais, e a dependência de fontes de alto rendimento, como os combustíveis fósseis.

Seu estudo de sociedades primitivas permite observar explicações esclarecedoras de processos culturais, relacionando o conceito de cultura com os sistemas de captação de energia. Para os coletores de alimentos, a energia total disponível anualmente não permitiu qualquer grande expansão da população e, assim, os coletores de alimentos foram frequentemente vítimas dos mais numerosos e poderosos produtores de alimentos. O coletor de alimentos tendeu a ser afastado das áreas em que a produção de alimentos era possível (COTTRELL, 1955, p.24).

Da mesma forma, em seu livro "A energia e a evolução da cultura", Leslie White (1959), conhecido por sua visão evolutiva da cultura, explica esse fenômeno a partir da energia, tendo esta um papel chave. No início da história da cultura, o homem teve apenas a energia de seu próprio corpo sob o seu controle e à sua disposição. E, por um período muito longo de tempo, essa foi praticamente a única fonte de energia disponível para ele. Vento, água e fogo eram raramente usados

como formas de energia. O homem acrescentou muita quantidade de energia sob seu controle e à sua disposição quando trouxe animais domesticados para o plantio e cultivo. O progresso cultural foi bem mais rápido após a origem da agricultura. Grandes civilizações da China, Índia, Mesopotâmia, Egito, México e Peru surgiram rapidamente após as artes agrícolas terem atingido algum grau de desenvolvimento e maturidade. Com recursos energéticos gradativamente crescentes, o homem foi capaz de expandir e desenvolver o seu modo de vida, ou seja, a sua cultura (WHITE, 1959).

A invenção da máquina a vapor e de todos os motores posteriores que derivam de combustão inaugurou uma nova era na história da cultura. Quando o homem aprendeu a aproveitar a energia na forma de combustível, ele abriu a porta para vastas possibilidades de utilização. A máquina a vapor inaugurou uma nova era. À época, os recursos energéticos de enormes depósitos de carvão e petróleo estavam disponíveis para aproveitamento em magnitudes crescentes. Populações cresceram, e a produção se expandiu. Em seguida, a geração e a distribuição de energia elétrica contribuíram ainda mais para esse processo (WHITE, 1959).

Ampliando esse campo de estudos, a ciência define também energia como "eficiência, potência, força para agir", o que do ponto de vista físico se traduz em "capacidade de realizar trabalho". Portanto, a energia entendida como combustível ou energia elétrica de alguma fonte de geração são um objeto e um processo que opera à margem da vida social, com capacidade de executar "o social". Energia corresponderia também a uma infraestrutura, ou seja, parte dos mecanismos invisíveis por trás de outros (mais importantes) tipos de trabalho (LARKIN, 2013). No entanto, a imagem da energia como infraestrutura se torna mais complexa a partir da perspectiva do seu estatuto social e sua capacidade de "agir" na vida comunitária.

Ariztia, Bozo e Tirone (2017), em um amplo estudo tendo a energia como objeto sociológico, fazem uma classificação em seis grandes temas de investigação: ontologia, economização, sistemas sócio-técnicos, conflitos energéticos, práticas cotidianas e transições para a sociedade (ARIZTIA, BOSO e TIRONI, 2017).

Historicamente, o uso cada vez mais crescente e dependente dos recursos energéticos transformou-os em trunfos de poder, considerando a disposição em qualidade e quantidade nos diversos territórios. Assim, a energia é uma das principais questões de qualquer país para proporcionar qualidade de vida à sua

população. Os Estados estão sempre preocupados em instalar medidas que possam afastar da sociedade o risco da falta de energia ou para diminuir a sua instabilidade. Com a Revolução Industrial, os recursos energéticos tornaram-se centrais nas atividades produtivas. A energia, portanto, tem uma característica relevante nas sociedades em função da sua altíssima relação com a economia, além de induzir a busca de tecnologia e, geralmente, provocar alterações socioambientais.

3.1 CRISE SOCIOAMBIENTAL COMO CRISE DA CIVILIZAÇÃO

A temática das mudanças climáticas em conjunto com outros fatores, como nível de utilização dos recursos naturais, a geração de resíduos, o impacto em ecossistemas e ciclos naturais, o hiperconsumismo, o nível de desemprego e de pobreza extrema, caracterizam o que se denomina de crise socioambiental. “O termo “sócio” aparece, então, atrelado ao termo “ambiental” para enfatizar o necessário envolvimento da sociedade enquanto sujeito, elemento, parte fundamental dos processos relativos à problemática ambiental contemporânea” (MENDONÇA, 2001, p. 147). São fatores que colocam em risco a sobrevivência da vida humana e de muitas espécies no planeta.

A Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra e seguida inicialmente pelos países europeus e logo depois pelos Estados Unidos, produziu um processo de modernização da sociedade e desenvolveu novas maneiras de organização política, social e econômica da produção, além de uma enorme velocidade na apropriação dos recursos naturais. O século XX foi acompanhado de um intenso processo de transformações sociais, com reflexos em várias áreas do conhecimento humano. Com o fim da Segunda Guerra Mundial, iniciou-se uma nova ordem mundial bipolarizada entre Estados Unidos e União Soviética. Aquilo que se chamou “guerra fria” deflagrou uma corrida pelo desenvolvimento de armas e de tecnologia, que foi, também, patrocinada pelas disputas que ocorriam na esfera econômica (HOBBSAWM, 1995).

A partir do fim dos anos 1980, com a queda do muro de Berlim e o esfacelamento da União Soviética, a hegemonia capitalista passa a dominar o planeta e traz consigo várias consequências para o modo de vida global. O processo de globalização da economia tem contribuído para o enriquecimento de poucos e a precarização da qualidade de vida de muitos. “Os processos de globalização

mostram-nos que estamos perante um fenômeno multifacetado com dimensões econômicas, sociais, políticas, culturais, religiosas e jurídicas interligadas de modo complexo” (SANTOS, 2011, p. 27).

A crise mundial de componentes político, econômico e social, ocorrida no fim do século XX e início do século XXI, fez transparecer em escala local e global, com maior ênfase, a questão socioambiental. Seus impactos resultantes da apropriação e utilização dos recursos naturais, em desajuste com a velocidade de recuperação da natureza, admitem concluir que tal crise é resultante do modo de produção e consumo mundial.

Assim, o padrão de consumo do modelo de desenvolvimento ocorrido a partir de 1960 – imposto por um sistema produtivo cada vez mais ávido de lucro, com apoio da disseminação de um modo de vida desejável, mas impossível de ser disponível para todos (GORZ, 2010) – tem-se mostrado incapaz de atender a diversidade da sociedade, por produzir exclusão social e concentração de riqueza. Desse padrão, emerge o debate sobre a crise socioambiental, que tomou corpo nas últimas décadas pelo seu impacto destruidor dos recursos naturais e da biodiversidade.

Anibal Quijano, no contexto da teoria decolonial, vai mais longe ainda. Para ele, o padrão de controle mundial que passou a governar o planeta a partir do século XV se deu com a “descoberta” da América. O autor considera que, naquela época, iniciou-se o processo de globalização, pois a partir dela se consolidaram na Europa a história, cultura e geografia mundiais que mais tarde iriam ter consequências, nas formas sociais e modos culturais, das regiões colonizadas (QUIJANO, 1999).

Essa forma hegemônica de consumo e exploração da natureza apresenta modificações importantes no ambiente: contaminação do ar, do solo e da água, diminuição de áreas florestais, mudanças climáticas, entre vários. Enrique Leff (2000), em um aspecto de suas análises sobre a crise socioambiental, afirma que a humanidade tem consciência da degradação que está causando e, ao se deparar com essa conclusão, faz a avaliação de que a crise socioambiental emerge como resultado da organização econômica e social contemporânea. Para o autor, a crise socioambiental tem componentes econômicos (o que ele chama de “economização do mundo”) e componentes do conhecimento humano:

A questão ambiental, com a sua complexidade, e a interdisciplinaridade emergem no último terço do século XX (finais dos anos 60 e começo da década de 70) como problemáticas contemporâneas, compartilhando o sintoma de uma crise de civilização, de uma crise que se manifesta pelo fracionamento do conhecimento e pela degradação do ambiente, marcados pelo logocentrismo da ciência moderna e pelo transbordamento da economização do mundo guiado pela racionalidade tecnológica e pelo livre mercado. A crise ambiental e a crise do saber surgem como a acumulação de “externalidades” do desenvolvimento do conhecimento e do crescimento econômico. Surgem como todo um campo do real negado e do saber desconhecido pela modernidade, reclamando a “internalização” de uma “dimensão ambiental” através de um “método interdisciplinar”, capaz de reintegrar o conhecimento para apreender a realidade complexa (LEFF, 2000, p.19).

De um lado, então, existe uma lógica de desenvolvimento que potencializa os danos, a partir da tendência em se confiar demasiadamente no crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) como medida única e exata de progresso humano, ao passo que esse indicador apenas sinaliza a riqueza de uma nação, e não o desenvolvimento humano desta. Há mais de trinta anos, o economista brasileiro Celso Furtado (2000) já advertia que o desenvolvimento era um mito que se concentrava em objetivos abstratos como investimentos, exportações e crescimento da economia.

No mesmo sentido, Eduardo Gudynas (2011) faz uma ampla reconstrução histórica no debate para o desenvolvimento e suas alternativas para a América Latina. Embora o termo desenvolvimento venha de outros campos do conhecimento, como a biologia, facilmente assumiu o seu lugar para representar uma evolução econômica e social. Leff (2000b) também caracteriza a crise socioambiental como o resultado do desconhecimento da lei da entropia, que não leva em conta os limites para o crescimento contínuo da produção, que privilegia os interesses particulares (econômicos) em detrimento dos bens coletivos (meio ambiente). E, ainda, considera o fator antropogênico da crise socioambiental.

De outro lado, a crise socioambiental se apresenta como uma crise do saber. Nesse sentido, Santos e Meneses (2010) percebem a existência da predominância de um pensamento abissal que, de maneira unilateral, define linhas invisíveis de divisão entre úteis e inúteis das experiências, dos saberes e dos atores sociais. De um lado estão os países do Norte que generalizam a forma de vida da civilização “desenvolvida” e, também, esgotam o campo de realidade daquilo que se encontra no Sul, descartando inúmeros outros saberes.

São claros os efeitos provocados pela prática dos países “desenvolvidos” sobre algumas culturas locais, que perdem sua identidade e se veem obrigadas a se adaptar a esses processos globais. Daí ser imperativa a necessidade de ultrapassar esse abismo do conhecimento, com alternativas advindas de epistemologias dos denominados países do “Sul”.

Os significados habituais da palavra desenvolvimento apontam para avanços e progressos no campo econômico e social. Alguns autores apresentam o desenvolvimento como a evolução progressiva de uma economia em direção a melhores padrões de vida. Ao se referirem às pessoas, define-se progresso como sinônimo de bem-estar, modernização, crescimento econômico, social, cultural ou político.

Existe, então, um paradoxo entre o crescimento econômico do último século, com transformações tecnológicas sem precedentes e a precária condição social de algumas regiões e países que possuem problemas socioambientais extremos. Em resumo, o crescimento econômico, por si só, não vem acompanhado do desenvolvimento. Na prática, existe um desafio que questiona de que forma caminhará, lado a lado, o desenvolvimento socialmente e ambientalmente sustentável com o crescimento econômico.

Na temática das mudanças climáticas e incorporada à crise socioambiental, a crise do saber apresentada por Leff (2011) faz eclodir a necessidade da adoção do pensamento complexo no tratamento das questões ambientais, sendo uma forma de ultrapassar as barreiras disciplinares para construir pontes que liguem a ciência e os saberes tradicionais à busca de soluções.

Segundo Leff (2000a), a importância de tratar as questões ambientais de forma complexa emerge no fim dos anos 1960 e início dos anos 1970 em consonância com o que foi compreendido como uma crise da civilização, levando-se em consideração a degradação do ambiente marcada pelas inconcretudes de uma ciência moderna logocêntrica que se compartimentalizou, também “pelo transbordamento da economização do mundo guiado pela racionalidade tecnológica e pelo livre mercado” (LEFF, 2000b, p. 19). Essa complexidade, segundo o autor, visa repensar o processo evolutivo social que separa o homem do meio natural, assim como as teorias sociobiológicas e ecologistas que desconhecem as relações sociais de produção, as regras de organização e poder político operado nos usos dos recursos naturais.

A complexidade expressada por Edgar Morin (1999) contrapõe o que ele chama de “falsa racionalidade” predominante em muitas áreas importantes da sociedade, que privilegiam uma inteligência parcelada na qual se eliminam as possibilidades de compreensão e reflexão sobre os problemas. Quanto mais substanciais são esses problemas, menor é a capacidade de compreensão e atitudes complexas.

Para Morin (2005), a complexidade se apresenta naquilo que não se explica por meio de um único campo de conhecimento, utilizando como exemplo o ser humano e sua existência "trinitária" (o indivíduo, a espécie humana e o ser social). Também se apresenta nos problemas relacionados aos usos e apropriações dos recursos naturais, os quais não podem ser compreendidos por meio de uma única fonte. Ou seja, o autor defende buscar meios de complementar o conhecimento, unindo e contextualizando as questões envolvidas, de forma a não se fechar em conclusões, mas, sim, considerando que as incertezas sempre estarão presentes.

Morin expressa uma visão sistêmica ao afirmar que, para explicar o todo, deve-se compreender as partes que o compõem. Ao considerar o meio ambiente, observa-se a necessidade de soluções que sensibilizem toda uma coletividade, envolvendo desde a sociedade, setores produtivos e acadêmicos. Por sua vez, Leff (2011, p. 318) sugere que, ao abordar estratégias de investigação e de formação como políticas ambientais e de desenvolvimento sustentável, deve-se reconhecer os efeitos das políticas econômicas atuais sobre a dinâmica dos ecossistemas e sobre as condições de vida das comunidades. Ainda para Leff:

É necessário estudar os efeitos da problemática ambiental sobre as transformações metodológicas, as transferências conceituais e a circulação terminológica entre as diferentes disciplinas que fazem parte da explicação e diagnóstico das mudanças socioambientais, assim como a forma como esses paradigmas produzem e assimilam um conceito de meio ou de ambiente e as diferentes interpretações e discursos sobre a sustentabilidade ambiental e o crescimento sustentável. Do estudo de tais mudanças epistêmicas surge a possibilidade de gerar estratégias de conhecimento para orientar uma transformação produtiva fundamentada nos princípios de uma racionalidade ambiental para o manejo sustentável dos recursos (LEFF, 2000b, p.30).

As atitudes complexas são aquelas capazes de distinguir e ligar ou, ainda, contextualizar e globalizar as incertezas que podem aparecer ao se examinar um fenômeno, situação ou problema. Certamente para isso é necessária uma reforma de pensamento que abranja as instituições acadêmicas e de pesquisa e a sociedade

num movimento produtivo para repensar a cultura em um cenário de modernidade tardia ou reflexiva (GIDDENS, 1997).

A crise socioambiental, assim como a crise do saber, segundo Leff (2000b), emergem das dificuldades diante do “desenvolvimento do conhecimento e do crescimento econômico” (LEFF, 2000b, p. 21). Dentro desse contexto, as mudanças climáticas são problemas complexos que também exigem um olhar mediado pela complexidade e por diferentes racionalidades, surgindo a necessidade da interdisciplinaridade, como instrumento metodológico:

Neste contexto, a noção de interdisciplinaridade se aplica tanto a uma prática multidisciplinar (colaboração de profissionais com diferentes formações disciplinares), assim como ao diálogo de saberes que funciona em suas práticas, e que não conduz diretamente à articulação de conhecimentos disciplinares, onde o disciplinar pode referir-se à conjugação de diversas visões, habilidades, conhecimentos e saberes dentro de práticas de educação, análise e gestão ambiental, que, de algum modo, implicam diversas “disciplinas” – formas e modalidades de trabalho – mas que não se esgotam em uma relação entre disciplinas científicas, campo no qual originalmente se requer a interdisciplinaridade para enfrentar o fracionamento e a superespecialização do conhecimento. (LEFF, 2000b, p. 22)

Nessa perspectiva, reconhece-se que os problemas ambientais, e dentre eles as mudanças climáticas, são sistemas complexos, nos quais intervêm processos de diferentes racionalidades, ordens de materialidade e escalas espaço-temporais. A problemática ambiental é o campo privilegiado das inter-relações sociedade-natureza, razão pela qual seu conhecimento demanda uma abordagem holística e um método interdisciplinar que permitam a integração das ciências da natureza e da sociedade; das esferas do ideal e do material, da economia, da tecnologia e da cultura (UNESCO, 1986). Conforme indicado por Ambrósio (2004), a prática da interdisciplinaridade é interessante, necessária diante da tensão que se acumula entre as disciplinas, e acaba por criar outros campos de investigação, como ocorreu no século XIX.

Ressalta Leff (2000a) que, nessa ruptura, nesse limite, nessa desconstrução do *logos*, nessa virada epistemológica e no desencadeamento do poder imposto pelo conhecimento, o propósito da interdisciplinaridade se abre para a reconstrução do saber, na via da reconstituição das identidades e no diálogo com outros saberes, pela construção de um futuro aberto e em busca da “alteridade” e da alternatividade.

O debate sobre alternativas ao desenvolvimento perpassa novas maneiras de abordar essas questões, incluindo a redefinição de conceitos, muitos deles ainda em

construção. Para muitos autores, como Gudynas (2011), inicialmente torna-se necessário distinguir entre "desenvolvimentos alternativos" de "alternativas ao desenvolvimento". O primeiro caso serve para as diferentes opções de retificação, reparo ou modificação do desenvolvimento contemporâneo. O termo "alternativas ao desenvolvimento" busca explorar outros arranjos sociais, econômicos e políticos do que chamamos de desenvolvimento (GUDYNAS, 2011). Na América Latina, tomando como base o histórico de povos tradicionais, algumas contribuições foram recentemente organizadas e coordenadas sob o nome de "*Buen Vivir*" (ACOSTA, MARTINEZ, 2009), como alternativa à ideia de desenvolvimento.

Ao reconhecer que as respostas oferecidas pelo atual modelo de produção e consumo, no sentido de melhorias às condições de pobreza e conservação da biodiversidade, não atendem a expectativa da sociedade, Max-Neef propõe pensar em possibilidades diferentes. Defende outra racionalidade que faça frente à racionalidade do mercado. Chama essa racionalidade de Desenvolvimento à Escala Humana e se apoia na melhoria da qualidade de vida e na convivência com a diversidade (MAX-NEEF, 2012). O autor ainda enfatiza que o desenvolvimento deve ser focado no ser humano, sendo necessário pensar em indicadores que elevem a qualidade de vida das pessoas.

O modelo próximo ao ideal seria aquele que conseguisse proporcionar o maior grau de satisfação ao ser humano com o menor consumo possível. Aqui se identifica que a questão da escala de consumo é fator determinante. Em um ambiente urbano, uma cidade ou comunidade, a condição de um morador ter oportunidade de participação nas decisões é menor. Portanto, priorizar o desenvolvimento local em pequenas comunidades é de suma importância quando se busca um desenvolvimento em escala humana.

Com base nos conceitos anteriores, uma concepção que se mostra viável é o processo de desenvolvimento local. Esse modelo busca articular, coordenar e inserir atividades, associativas e individuais, comunitárias, urbanas e rurais, a um novo formato de alternativa socioeconômica que vise à geração de emprego e renda (TEISSERENC, 1994).

Assim, o local, lugar de vida de cada um, é percebido como seu meio de pertencimento que admite a uma comunidade reconhecer em si traços característicos, e mesmo de solidariedade, que exercem certa influência sobre as mudanças socioeconômicas. A estratégia seria criar redes territoriais que

permitissem formar, capacitar e financiar uma adequada produção e comercialização local. Esta, por sua vez, não poderia adotar medidas de precarização do trabalho ou a exploração e esgotamento de recursos naturais não renováveis.

Nesse contexto, questões como produção de alimentos e energia, abastecimentos de água, saneamento básico, socioeconomia e comunicação ambiental são temáticas que necessitam de debate envolvendo a participação de todos os segmentos da sociedade. Da mesma forma, a constituição e ampliação dos mecanismos, espaços, instrumentos, canais e instâncias de participação da sociedade como força produtiva e de crescimento social são necessárias para buscar novas perspectivas de desenvolvimento e evitar um colapso socioambiental no planeta.

A busca por alternativas ao modelo de desenvolvimento vigente é cada vez mais necessária para que seja possível pensar novas formas de desenvolvimento. Portanto, dentro dessas alternativas, podemos considerar a existência de grupos relacionados e preocupados com as questões ambientais para um desenvolvimento menos impactante e com sustentabilidade, promovendo diálogo de saberes relacionado aos sistemas e estratégias de conservação e uso dos recursos naturais. Daí a importância de temas desta tese, como energias renováveis, resíduos sólidos urbanos, planejamento das cidades resilientes (mitigação e adaptação), políticas públicas, entre outros.

Dentro dessas alternativas, o aproveitamento energético dos RSU estão conectados com alguns Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, conforme os Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (BRASIL, 2021):

- *Objetivo 7 - Energia Limpa e Acessível* - Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos, além de aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética brasileira e global.
- *Objetivo 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis* - Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes⁸ e sustentáveis. Aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos

⁸ O item 3.2 desta tese trata do tema Cidades Resilientes (adaptação e mitigação).

participativos, integrados e sustentáveis. Reduzir o impacto ambiental negativo *per capita* das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros. E aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos, adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a resiliência a desastres.

- *Objetivo 12 - Consumo e Produção Responsáveis* - Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis. Alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente. E reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso.
- *Objetivo 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima* - Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos. Reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países. E integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais.

Essas alternativas se enquadram, também, na perspectiva das Cidades Inteligentes (*Smart Cities*), com a crescente difusão das novas tecnologias, da inovação social e da integração de mecanismos e ações de gestão e planejamento de espaços urbanos. São cidades que criam as condições de governança, infraestruturas e tecnologia para produzir inovação social capaz de resolver problemas de crescimento, inclusão, sustentabilidade ambiental e qualidade de vida, através da escuta e do envolvimento dos vários atores locais: cidadãos, governos, universidades, empresas e associações (ALVES; DIAS, SEIXAS, 2019).

E, ainda, é preciso debater a importância de entender os processos urbanos e de como tornar as cidades resilientes às mudanças climáticas.

3.2 METROPOLIZAÇÃO, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E CIDADES RESILIENTES

Cynthia Ghorra-Gobin, em seus estudos, descreve que nas grandes cidades ocorre um processo de reestruturação - por sua centralidade econômica, atraindo pessoas, capitais e investimentos – de atividades produtivas e de tecnologias de comunicação e informação, denominado de metropolização (GHORRA-GOBIN, 2010). A metrópole passa a ser vista como a zona na qual as demais cidades, que congregam a mesma dinâmica espaço-territorial, tornam-se dependentes e interligadas economicamente. Olga Firkowski (2014, p.38) considera que um dos vetores da discussão sobre a temática metropolitana é:

[...] a compreensão teórico-conceitual de metrópole como cidade que possui funções superiores de comando e gestão articulada à economia global, atuando como porta de entrada dos fluxos globais no território nacional e na qual se ancoram interesses internacionais, ao mesmo tempo que emite, para o território nacional, vetores de modernidade e complexidade. (FIRKOWSKI, 2014, p. 38)

Dentro dessa temática complexa, está a inserção da questão climática no campo interdisciplinar dos estudos urbanos e de planejamento e gestão desse ambiente. Para Francisco Mendonça (2015), os “recorrentes e mais intensos impactos humanos e econômicos registrados nas áreas urbanas no final do século passado e início deste, como decorrências diretas dos eventos climáticos e geofísicos extremos, tornaram a problemática socioambiental urbana muito mais importante”. Aquilo que realmente parece ter mudado e se intensificado em relação ao passado é a densificação humana em alguns pontos configurados pelas cidades, sua dinâmica própria e aos diferentes modos de vida dos cidadãos (MENDONÇA, 2015). Ainda:

No âmbito das cidades, a alteração do fluxo de energia pela forçante antropogênica é por demais evidente e cientificamente comprovada. Quanto maiores e mais dinâmicas, mais elas produzem alterações marcantes nos ambientes atmosféricos a elas circunscritos, gerando climas urbanos particulares, decorrentes da alteração do quadro natural e das atividades humanas ali encerradas (MENDONÇA, 2015).

Dessa forma, as cidades são essenciais nos esforços globais para mitigar as mudanças climáticas. Embora ainda haja dúvidas sobre como exatamente as emissões de GEE devem ser atribuídas geograficamente, a maioria dessas emissões no mundo são, em última análise, atribuíveis às cidades, pois são centros

de atividade econômica (BANCO MUNDIAL, 2010). As cidades são responsáveis por dois terços do consumo global de energia, e essa proporção deve crescer ainda mais (IEA, 2008). O Banco Mundial afirma que muito da capacidade de reduzir os riscos depende do capital social das comunidades urbanas. Assim: “A melhor maneira de lidar com a complexidade da cidade diante das mudanças climáticas é melhorar a sua resiliência” (BANCO MUNDIAL, 2010).

A “resiliência”, como apontada pelo documento do Banco Mundial (2010), indicaria a capacidade de indivíduos, comunidades, empresas, instituições e cidades se adaptarem às condições de mudança e manterem ou recuperarem a funcionalidade e a vitalidade frente a estresses, choques e pressões crônicas, e emergirem mais fortes (PBMC, 2106). Vários autores refletem sobre o conceito em construção, originário da Física (POLETTI; KOLLER, 2008), de resiliência nas cidades:

Transpondo esse conceito para o ecossistema urbano, resiliência significa a capacidade de as cidades lidarem com as vulnerabilidades internas e externas, adaptarem-se às mudanças climáticas previstas para este século (ao mesmo tempo em que buscam formas de mitigá-las) e resistirem a desastres (mais frequentes com o aumento de eventos extremos impulsionados pelas mudanças climáticas), aumentando o nível de bem-estar humano (que engloba, além de um ambiente saudável, variáveis econômicas e socioculturais capazes de afetar a própria resiliência) (SACCARO JR, COELHO FILHO, 2016).

Francisco Mendonça (2015) faz uma discussão da “resiliência urbana” sob a perspectiva socioambiental. A “resiliência” é um termo que estaria sendo empregado como sinônimo de resistência, de adaptação, de persistência, de recuperação, de capacidade de absorção, etc., mas com limitações para permitir uma compreensão satisfatória do contexto dos países não desenvolvidos, quando o mais pertinente seria mesmo o emprego dos seus sinônimos (MENDONÇA, 2015)

Segundo o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas as incertezas climáticas e tendências dinâmicas de urbanização mostram cidades em desenvolvimento com novos e desconhecidos desafios de planejamento. Nessa reflexão, “a adaptação é um processo de ajuste ao clima atual ou às mudanças esperadas, definidas pela pesquisa científica. Nas áreas antrópicas, trata-se de controlar, evitar e contornar os danos, aproveitando possíveis benefícios. Nas áreas naturais, trata-se de preservar características como a biodiversidade e a própria resiliência” (SACCARO JR,

COELHO FILHO, 2016). A adaptação tem seus impactos primários em escala local, as ações se baseiam em necessidades específicas das regiões afetadas. E os custos são, geralmente, muito altos, especialmente em infraestruturas de grande escala, como para contenção de enchentes, estradas, portos e pontos de geração de energia (BANCO MUNDIAL, 2010).

Uma evolução desse conceito é o da “Adaptação Sustentável (*Sustainable Adaptation*)” como uma possibilidade que envolve medidas as quais contribuem tanto para a equidade social como para a integridade ambiental – dois pilares do desenvolvimento sustentável. Compreendem ações que buscam combinar os objetivos da adaptação climática à redução de pobreza para responder da melhor forma possível às mudanças climáticas, especialmente nos países menos desenvolvidos (GIULIO *et al.*, 2016).

O processo de mitigação, por sua vez, trata-se de um esforço global que requer amplas mudanças de comportamento e tecnologias. Nas últimas duas décadas, o foco principal da política urbana e da pesquisa no que diz respeito à mudança climática tem sido a questão da mitigação - ou seja, a redução das emissões de GEE das atividades urbanas (BANCO MUNDIAL, 2010). Como as cidades representam concentrações de atividade econômica e social, a International Energy Agency (IEA) estimou que elas podem ser o local de aproximadamente 70% do dióxido de carbono relacionado à energia (emissões de CO₂) (IEA, 2008).

Da mesma forma, o PBMC considera que as alternativas de mitigação estão relacionadas à limitação do aquecimento global, ou seja, referem-se às intervenções humanas que visam à redução das emissões de GEE. Opções de mitigação estão disponíveis em todos os principais setores das cidades e podem ser mais eficientes se adotarem uma abordagem integrada que combine medidas para reduzir o consumo de energia e a intensidade dos GEE, descarbonizar o fornecimento de energia elétrica e reduzir as emissões líquidas. Hoje, o maior potencial para redução das emissões em cidades no Brasil está no setor de energia, transporte e gestão de resíduos (PBMC, 2106), temas objeto desta tese.

Ainda, a questão da sustentabilidade das cidades ou espaço urbano, segundo Acsehrad (1999, p.79), “tem acionado diversas representações para a gestão das cidades, desde a administração de riscos e incertezas ao incremento da capacidade adaptativa (resiliência) das estruturas urbanas”. Essas representações das cidades seriam: (a) técnico material; (b) espaço de qualidade de vida; e, (c) espaço de

legitimação das políticas urbanas. A primeira conduziria a busca de sustentabilidade pela adaptação de suas estruturas com base em modelos de racionalidade ecoenergética ou de metabolismo urbano; a segunda adiciona componentes não mercantis da existência das cidades; e a terceira é aplicada às condições de reprodução da legitimidade das políticas públicas aplicadas às cidades:

As diferentes representações sobre o que seja a sustentabilidade urbana têm apontado para a reprodução adaptativa das estruturas urbanas com foco alternativamente colocado no reajustamento da base técnica das cidades, nos princípios que fundam a cidadania das populações urbanas ou na redefinição das bases de legitimidade das políticas urbanas. (ACSELRAD, 1999, p.87).

Spirn (2012) propõe uma estrutura de princípios e proposições para o projeto de cidades resilientes que designa como Urbanismo Ecológico. A TABELA 4 apresenta tais princípios e propostas de ações.

TABELA 4 - PROPOSIÇÕES E PRINCÍPIOS PARA PLANEJAR CIDADES RESILIENTES

Princípios	Proposições
As cidades fazem parte do mundo natural	- Reconhecer as cidades como parte do mundo natural e planejá-las de acordo.
Cidades são <i>habitats</i>	- Planejar a cidade como um <i>habitat</i> sustentável que melhora a qualidade de vida; - Observar os processos naturais que formam o <i>habitat</i> urbano e que sustentam a vida, tornando-os tangíveis e compreensíveis.
Cidades são ecossistemas	- Planejar a cidade como um todo – os parques, edifícios e espaços públicos –, como ecossistemas que consomem o mínimo de energia e recursos para sua construção e conservação.
Ecossistemas urbanos estão conectados e dinâmicos	- Identificar e retratar a interação de processos naturais e sociais que formam e estruturam a cidade; Tratar os problemas sociais e ambientais dentro de limites apropriados nas escalas espaciais e temporais; - Definir soluções de múltiplos propósitos para problemas definidos de forma abrangente; - Levantar em conta o histórico.
Toda cidade tem uma estrutura própria ou contexto permanente	- Adaptar a infraestrutura da cidade às condições de sua própria estrutura; - Antecipar e explorar catástrofes naturais anteriores.

O planejamento urbano é uma ferramenta poderosa de adaptação	<ul style="list-style-type: none"> - Projetar cidades resilientes. - Atuar de forma abrangente e incremental.
---	---

FONTE: Elaborado com base em SPIRN (2012).

O urbanismo ecológico é visto por Spirn (2012) como essencial para fazer frente à crise socioambiental e suas consequências mais graves: aquecimento global, demandas crescentes por combustíveis fósseis e justiça ambiental. É um processo multidisciplinar, que combina os conceitos de planejamento urbano com os da ecologia e de outras disciplinas ambientais, como climatologia, hidrologia, geografia, psicologia, história e arte (SPIRN, 2012). Embora a tese não pretenda avançar neste tema, é uma proposta que tem o objetivo de construir e/ou transformar cidades mais sustentáveis e resistentes, e menos dispendiosas para sua construção e conservação.

Importante, também, é a criação de articulações e cooperação entre diversos atores sociais, envolvendo a elaboração de novos instrumentos de gestão ambiental, em termos de legislação, políticas públicas, programas, medidas e ações, para os âmbitos estaduais/regionais/municipais. Lima *et al.* (2016) indicam a participação de fóruns e outros coletivos de ação que envolvam cidadãos mobilizados, como os comitês gestores, conselhos municipais, audiências públicas e fóruns representativos da sociedade civil específicos (LIMA *et al.*, 2016):

Além da resiliência e adaptação, os riscos e vulnerabilidades decorrentes de problemas socioambientais, como as mudanças climáticas, podem, do ponto de vista da governança, ser enfrentados — e essa seria a forma mais racional e importante no processo em discussão — pela sua prevenção, tomando-se medidas que impeçam sua concretização como evento que resulte em perigo, riscos ou vulnerabilidade, possibilidade difundida na área ambiental pelo que se chama de princípio da precaução. Caso já em processo, as mudanças climáticas e seus efeitos também podem ser enfrentados por medidas e ações de mitigação (LIMA *et al.*, 2016).

Neste sentido, as cidades são essenciais nos esforços globais e nas atuações locais para a mitigação das mudanças climáticas, nelas se encaixando, da mesma forma, as políticas públicas que podem dar suporte a esses processos.

3.3 POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS

Segundo Bursztyn, em sociedades tradicionais, a regulação dos grupos sociais ocorre pela cultura e pela moral de seus integrantes - são assim os indígenas, os quilombolas, entre outros. Nas sociedades contemporâneas, inverteu-se essa lógica de que a natureza regula o ser humano, passando este, em grande medida, a controlar a natureza por meio de suas técnicas. Nesse caso, o Estado tem funções de regulador e regulamentador, pois tem papel coercitivo sobre as pessoas (BURSZTYN, 2012). O autor esclarece ainda:

Numa sociedade como a nossa, no século XXI, cada um dos três setores (governo, sociedade civil e empresas) tem papel regulatório sobre os demais:

- o Estado regula o mercado por meio de mecanismos do tipo comando e controle, incentivos e outras formas de persuasão, e regula a sociedade civil, por meio de leis;
- o mercado regula o Estado e a sociedade, ditando condutas ou demandando ações; e
- a sociedade civil regula o mercado e o Estado, como opinião pública, consumidora e eleitora. (BURSZTYN, 2012, p.144)

Relevante, neste sentido, é apresentar o conceito de políticas públicas. Política, do grego *polis* (cidade, ou cidade-estado), diz respeito aos espaços coletivos e aos modos de regulação das relações que se dão em tais contextos. O conceito está associado à administração da sociedade, de espaços coletivos, de comunidades. Por sua vez, o termo “políticas públicas” reúne elementos interdisciplinares.

Já políticas públicas é um conceito mais contemporâneo, associado ao Estado moderno, em que o poder público é entendido como instância sob cuja responsabilidade são tomadas decisões em consonância com os princípios da democracia. Trata-se de um conceito interdisciplinar, que reúne elementos de diversos campos científicos, como a ciência política, a sociologia, o direito, a economia e a psicologia social (BURSZTYN, 2012).

Os instrumentos de integração das políticas públicas dão concretude institucional, visibilidade e trânsito ao processo de formulação e implementação das políticas, numa perspectiva integradora. Constituem, portanto, marcos de referência tanto para a esfera do Estado e da Administração Pública, quanto para a sociedade, seus indivíduos e suas representações (BRASIL, 2016). Em sua atividade de

planejamento, a política pública deve ser entendida como um processo no qual as estratégias, objetivos e metas se apresentam e são revisados de forma cíclica (BURSZTYN, 2012). No âmbito da integração federativa e territorial, são planos, programas, projetos, ações e atividades referentes às competências dos entes federados; consórcios públicos e outros arranjos cooperativos intergovernamentais; e peças orçamentárias e fundos públicos das esferas de governo envolvidas.

No campo ambiental, um conceito mais bem aplicado seria o da governança ambiental: práticas envolvendo instituições e interfaces de atores e interesses, voltadas à conservação da qualidade do ambiente natural e construídas em sintonia com os princípios da sustentabilidade. No Brasil, podem-se observar avanços nas últimas décadas na política ambiental e no exercício de muitos de seus instrumentos, atendendo práticas democráticas e de descentralização, com a implantação da Lei 6.938/81. Esta estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente e tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

No entanto, o país ainda enfrenta graves problemas ambientais, uma vez que o desmatamento intransigente, a poluição dos recursos hídricos, do solo e do ar, a desertificação e outras calamidades ecológicas afetam as diversas regiões. Nas grandes áreas metropolitanas, o ruído e a poluição do ar pioram a qualidade de vida, sobretudo da população desfavorecida (MOURA; BEZERRA, 2016).

Com relação aos resíduos sólidos, a PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/10, estabelece o marco legal da limpeza urbana, em especial da gestão e manejo dos resíduos sólidos no Brasil. A lei incentiva a integração de municípios para a gestão dos resíduos, por meio da implantação de consórcios públicos e responsabiliza toda a sociedade pela geração de lixo. Ainda, por meio do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, foram definidos prazos para que os lixões sejam substituídos por formas adequadas de disposição dos resíduos sólidos.

Também coloca o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal e inova com a inclusão de catadoras e catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, tanto na Logística Reversa quanto na Coleta Seletiva. Além disso, os instrumentos da PNRS ajudarão o Brasil a atingir uma das metas do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, que é de

alcançar o índice de reciclagem de resíduos de 20% em 2015 (BRASIL, 2019).

Entretanto, é preciso destacar que é complexa a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, dessa forma, muitos municípios brasileiros não estão cumprindo o proposto na PNRS, nem os prazos estipulados para encerramento dos lixões, que eram até o fim de 2014. Outros municípios têm estruturas de política e gestão de resíduos bastante alinhados com a PNRS, mas falta o envolvimento dos demais setores da sociedade para transformar um problema coletivo em uma alternativa de inclusão social e de política ambiental (SILVA; BIERNARSKI, 2017).

Havia um prazo para que até o fim de 2014 todos os vazadouros clandestinos de lixo a céu aberto fossem encerrados. Durante o desenvolvimento deste trabalho, foi aprovada pelo governo a Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico. Dentre as alterações que dizem respeito aos resíduos sólidos urbanos:

- Todos os municípios deveriam apresentar até o último dia de 2020 um plano de encerramento dos lixões, eventualmente, com a criação de uma taxa, o que mais uma vez não se concretizou.
- Até agosto de 2021, que todas as capitais e cidades das regiões metropolitanas resolvam o problema. Municípios com mais de 100 mil habitantes até agosto de 2022. Municípios com população entre 50 mil e 100 mil até agosto de 2023. E municípios com menos de 50 mil habitantes até agosto de 2024.

Além da PNRS, uma política pública muito importante a ser observada e melhorada é a Política Nacional Sobre Mudança do Clima.

3.3.1 Política Nacional Sobre Mudança do Clima

A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece o compromisso voluntário brasileiro de redução do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Inicialmente, de acordo com o Decreto nº 7.390/2010, que regulamenta a PNMC, a linha de base de emissões de GEE para 2020 foi estimada em 3,236

GtCO₂e⁹. Assim, a redução absoluta correspondente ficou estabelecida entre 1,168 GtCO₂e e 1,259 GtCO₂e, 36,1% e 38,9% de redução de emissões, respectivamente. Durante a confecção deste trabalho, o Decreto nº 7.390/2010 foi revogado pelo Decreto nº 9.578, de 22 de novembro de 2018, mas foram mantidas as projeções estimadas de GEE até 2020, bem como das reduções pretendidas. Para auxiliar no alcance das metas de redução, a lei estabelece, ainda, o desenvolvimento de planos setoriais de mitigação e adaptação nos âmbitos local, regional e nacional (BRASIL, 2019).

O Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa a incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil, colaborando com o esforço mundial de redução das emissões de GEE, bem como objetiva a criação de condições internas para lidar com os impactos das mudanças climáticas globais (adaptação). O Plano estrutura-se em quatro eixos: oportunidades de mitigação; impactos, vulnerabilidades e adaptação; pesquisa e desenvolvimento; e educação, capacitação e comunicação (BRASIL, 2019). Seus objetivos principais são:

- a) Identificar, planejar e coordenar as ações para mitigar as emissões de gases de efeito estufa geradas no Brasil, bem como aquelas necessárias à adaptação da sociedade aos impactos que ocorram devido à mudança do clima;
- b) Fomentar aumentos de eficiência no desempenho dos setores da economia na busca constante do alcance das melhores práticas;
- c) Buscar manter elevada a participação de energia renovável na matriz elétrica, preservando posição de destaque que o Brasil sempre ocupou no cenário internacional;
- d) Fomentar o aumento sustentável da participação de biocombustíveis na matriz de transportes nacional e, ainda, atuar com vistas à estruturação de um mercado internacional de biocombustíveis sustentáveis;
- e) Buscar a redução sustentada das taxas de desmatamento, em sua média quinquenal, em todos os biomas brasileiros, até que se atinja o desmatamento ilegal zero;

⁹ CO₂eq, é uma medida internacionalmente aceita que expressa a quantidade de GEE em termos equivalentes da quantidade de dióxido de carbono (CO₂). Compara as emissões de diversos gases de efeito estufa baseado na quantidade de dióxido de carbono que teria o mesmo potencial de aquecimento global (GWP), medido em um período de tempo especificado (geralmente 100 anos).

- f) Eliminar a perda líquida da área de cobertura florestal no Brasil, até 2015;
- g) Fortalecer ações intersetoriais voltadas para redução das vulnerabilidades das populações;
- h) Procurar identificar os impactos ambientais decorrentes da mudança do clima e fomentar o desenvolvimento de pesquisas científicas para que se possa traçar uma estratégia que minimize os custos socioeconômicos de adaptação do País.

O plano ainda estabelece que as maiores oportunidades de mitigação do setor de resíduos consistem em seu planejamento e gestão integrada; equacionamento do problema relacionado à disposição final inadequada, recuperação de metano em aterros sanitários, com a devida queima ou captura do biogás para fins de aproveitamento energético; incineração com recuperação energética e compostagem. Além disso, indica o direcionamento de esforços para atingir o patamar de 20% de reciclagem de resíduos sólidos.

Para o atendimento do compromisso voluntário, o Decreto nº 7390/2010 prevê a elaboração de Planos Setoriais com a inclusão de ações, indicadores e metas específicas de redução de emissões e mecanismos para a verificação do seu cumprimento. O Plano Setorial de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima visa à consolidação de uma economia de baixo carbono na Indústria de Transformação e destaca o aumento da reciclagem e o aproveitamento de coprodutos, reforçando a necessidade de integração entre as Políticas Nacionais de Mudança do Clima e a de Resíduos Sólidos.

A Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental é a responsável pela formulação e proposição de políticas e normas e pela definição de estratégias relacionadas aos rebatimentos ambientais associados à matriz energética brasileira.

Nesse sentido, a área subsidia e assessora as diversas unidades do MMA vinculadas aos assuntos relacionados ao tema energia em âmbitos nacional e internacional; subsidia o MMA em sua tomada de decisão no que tange à matriz energética brasileira; promove a articulação com diferentes atores governamentais e não governamentais para a promoção de uma matriz energética limpa; desenvolve estudos e projetos e apoia iniciativas voltadas à ampliação do uso de alternativas energéticas ambientalmente adequadas e socialmente justas.

4 OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A gestão de resíduos sólidos na avaliação do aquecimento global e das mudanças climáticas tem tomado corpo nos últimos anos, no mundo e também no Brasil. As emissões de GEE vêm principalmente do CH₄ liberado dos resíduos biodegradáveis quando se deterioram em condições sem ar (anaeróbias) nos aterros sanitários. Portanto, trata-se de um problema principalmente da esfera urbana, pois nesse ambiente encontra-se quase a totalidade dos aterros sanitários.

Os gases antropogênicos de efeito estufa (GEE) mais importantes são o CH₄ e o CO₂, sendo o potencial de aquecimento global do CH₄ de 20 a 28 vezes quando comparado ao CO₂ em 100 anos (IPCC, 2007, 2013). Por esse motivo, é frequentemente assumido que a redução da quantidade de CH₄, emitida a partir de aterros sanitários, tem o maior potencial para reduzir os impactos gerais das mudanças climáticas. Acrescente-se o fato de que o tempo de vida atmosférico do CH₄ é relativamente curto, apenas 12 anos, percentual de redução muito menor do que o necessário para estabilizar as concentrações dos outros dois principais gases de efeito estufa, CO₂ e N₂O (SMITH *et al.*, 2001).

Para materiais biodegradáveis (resíduos de alimentos, jardins, papel e papelão), o carbono é absorvido da atmosfera por fotossíntese durante o crescimento de plantas. No processo inverso de biodegradação, o carbono é liberado como CO₂ e entra novamente em seu ciclo natural. Para esse ciclo de carbono, denominado de "curto prazo", as emissões são compensadas pela absorção de uma quantidade equivalente de dióxido de carbono, então não há impacto líquido do aquecimento global, uma vez que a concentração atmosférica de carbono de ciclo curto é relativamente constante de ano para ano. Entretanto, se a emissão ocorre na forma de CH₄ (decomposição anaeróbia), cuja concentração atmosférica tem aumentado como resultado de atividades humanas, isso tem maior potencial de aquecimento global do que o CO₂ e, dessa maneira, deve ser contabilizado (SMITH *et al.*, 2001).

O principal gás de efeito estufa não carbônico que interessa à gestão de resíduos é o N₂O. O óxido nitroso é formado em pequenas quantidades a partir de nitrogênio gasoso no ar e composto de elemento presente nos resíduos durante a queima de biogás de aterro. Outros gases de efeito estufa originários das operações de disposição de resíduos são os clorofluorcarbonetos (CFCs), originalmente usados

como propulsores e refrigerantes de aerossóis e seus substitutos, HFCs e HCFCs. Esses gases têm um potencial muito alto de aquecimento global. Portanto, levamos em consideração emissão de CFCs, HFCs e HCFCs no aterro ou na reciclagem de equipamentos elétricos usados; geladeiras e *freezers* contêm quantidades apreciáveis que podem ser liberadas na atmosfera no fim da vida útil do produto (IPCC, 2007, 2013). Estudos recentes sugerem que o aquecimento global causado pelos CFCs pode estar sendo compensado pelo resfriamento da estratosfera, como resultado de sua influência na destruição do ozônio.

Os principais gases de efeito estufa advindos do gerenciamento de resíduos podem ser verificados na TABELA 5.

TABELA 5 - PRINCIPAIS GASES DE EFEITO ESTUFA NA GESTÃO DE RESÍDUOS

Emissão	Origem	Tendência de Concentração Atmosférica	Potencial de Aquecimento Global - PAG (100 Anos)	
			Emissão	Sequestro de Carbono
CO₂ (fóssil)	Combustão de plásticos	Aumentando	+1	0
CO₂ (ciclo curto)	Degradação e respiração de biomassa	Estável	0	-1
CH₄	Decomposição anaeróbia	Aumentando	+21	Não Aplicável
N₂O	Combustão	Aumentando	+310	Não Aplicável
CFC-12	Refrigeração	Aumentando	+8100	Não Aplicável
CFC-11	Refrigeração	Aumentando	+3800	Não Aplicável
HFC-134^a	Refrigeração	Aumentando	+1300	Não Aplicável
HCFC-141b	Refrigeração	Aumentando	+600	Não Aplicável
CF₄	Fundição de Alumínio	Aumentando	+6500	Não Aplicável

FONTE: Adaptado de SMITH *et al.* (2001).

Verifica-se, ainda, que os valores de Potencial de Aquecimento Global vêm sendo atualizados pelo IPCC. A TABELA 6 é adaptada do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC, 2014 (AR5). Os valores de AR5 são os mais recentes, entretanto, outros são também encontrados muitas vezes para fins de inventário e

relatórios. Percebe-se, para o caso do metano, que o Potencial de Aquecimento Global vem sendo reconhecido como maior ao passar do tempo.

TABELA 6 – POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL (CO₂e)

Nome	Fórmula Química	GWP – valores para 100 anos		
		Segundo Relatório (SAR)	Quarto Relatório (AR4)	Quinto Relatório (AR5)
Dióxido de Carbono	CO ₂	1	1	1
Metano	CH ₄	21	25	28
Óxido Nitroso	N ₂ O	310	298	265

FONTE: Adaptado de IPCC (2014).

É preciso esclarecer que o aterro sanitário é uma obra de engenharia projetada sob critérios técnicos, cuja finalidade é garantir a disposição dos resíduos sólidos urbanos sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente. Foi e é, ainda, amplamente utilizado no Brasil e no mundo. O aterro municipal de Fresno, na Califórnia, por exemplo, foi inaugurado em 1937 e é considerado o primeiro aterro sanitário moderno dos Estados Unidos. No Brasil, todo projeto de aterro sanitário deve ser elaborado segundo as normas preconizadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Outras tecnologias, principalmente de tratamento térmico, já estão sendo amplamente utilizadas principalmente na Europa, mas no Brasil são incipientes ainda. Daí a importância em tratar os gases provenientes dos aterros sanitários.

Em um aterro sanitário, os resíduos em decomposição consomem o oxigênio arrastado na massa de resíduos, criando condições anaeróbias. Sob essas condições, os resíduos continuam a se degradar para produzir o chamado gás de aterro, que contém aproximadamente 50% de metano e 50% dióxido de carbono. Presume-se que o dióxido de carbono presente seja de ciclo curto, pois apenas materiais biogênicos irão se degradar.

Em locais sem controle, o biogás migra para a superfície do aterro sanitário e é liberado. Em locais com controle de gás, uma cobertura de baixa permeabilidade impede a liberação, e um sistema de poços e bombas é usado para extraí-lo. O biogás coletado pode ser queimado sem utilização ou com aproveitamento para geração de energia e, em ambos os casos, é convertido em dióxido de carbono de

ciclo curto. O biogás não coletado migra pela camada superior, onde é oxidado em dióxido de carbono. Uma parcela, também, pode escapar através de rachaduras ou imperfeições nas camadas da superfície e ao redor da borda do aterro (SMITH *et al.*, 2001).

Nos aterros, o biogás é liberado lentamente ao longo do tempo, durante um período de 100 anos. Essa é a escala de tempo normalmente usada para estudos de GEE. Portanto, é válido estimar as emissões por tonelada de resíduos aterrados usando a metodologia padrão do IPCC, que considera que as emissões de metano ocorrem instantaneamente após o aterro. É um modelo de aproximação para os casos em que as quantidades e a composição dos resíduos sejam razoavelmente constantes ao longo do tempo.

Os fatores de emissão médios de gases de efeito estufa de aterros sanitários provenientes de RSU de origem residencial são resumidos na TABELA 7. Todos os dados são expressos em kg de CO₂ equivalente, por tonelada de RSU.

TABELA 7 - FATORES DE EMISSÃO PARA RESÍDUOS RESIDENCIAIS DEPOSITADOS EM ATERROS (kgCO₂e/t)

Composição do RSU	CO ₂ de Ciclo Curto PAG = 0	C de ciclo curto sequestrado PAG = -1	CH ₄ PAG = 21	N ₂ O PAG = 310
Papel	288	-786	1032	0
Putrefados	286	-272	1025	0
Plástico	0	0	0	0
Vidro	0	0	0	0
Metal	0	0	0	0
Têxteis	147	-503	526	0
Outros	172	-369	617	0
RSU	199	-371	712	0

FONTE: Adaptado de SMITH *et al.* (2001).

A geração e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O chamado Sistema Interligado Nacional (SIN) propicia a transferência de energia entre regiões do país, permite a obtenção de ganhos sinérgicos e explora a diversidade entre as formas de geração (ONS, 2020). A composição da matriz energética de um país pode ocupar um papel central para os

esforços de mitigação da emissão de GEE e de adaptação às mudanças climáticas. Dessa forma, arranjos técnicos e comerciais para inserção de geração de energia elétrica a partir do biogás oriundo de resíduos e efluentes líquidos, na matriz energética brasileira, são incentivados pela Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel.

Embora o setor elétrico brasileiro tenha emissões bem menores do que no restante do mundo – 2,9 vezes menos que o europeu; 3,7 vezes menos do que o norte americano; e 5,8 vezes menos do que o chinês – em 2018, a intensidade de carbono na geração elétrica brasileira foi de 88,0 kg de CO₂/MWh, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2019). Nesse sentido, as diversas tecnologias de geração podem ser consideradas poluentes, como as hidrelétricas, por exemplo, quando consideradas suas emissões em todo o seu ciclo de vida (planejamento, construção, operação e desativação). Os reservatórios podem emitir metano devido à decomposição anaeróbia da biomassa e dióxido de carbono, o que, em algumas circunstâncias particulares, pode ser muito significativo (COLATUSO, 2018).

A Metodologia ACM-0001, que está descrita no item 4.4, é a ferramenta que indica todos os procedimentos e métodos necessários para implementação de um projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Permite, também, calcular a quantidade de gases de efeito estufa em tCO₂e que é emitida em um aterro sanitário com aproveitamento de energia elétrica. Ainda, essa metodologia considera a quantidade de energia deslocada da rede elétrica. Ou seja, considera a quantidade de energia que é gerada pelo aterro sanitário e que seria abastecida por outra fonte do Sistema Interligado Nacional (SIN); que são emissores de GEE. Por consequência, essa substituição permite a redução de emissões.

4.1 CARACTERÍSTICAS E APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS

O Brasil é o maior país tropical do mundo e recebe intensa radiação solar, durante todo o ano, o que influencia e promove a produção de diferentes tipos de biomassa. Os resíduos orgânicos, provenientes dessas biomassas, podem ser submetidos a processos biológicos para redução da carga poluidora. Esse tratamento pode se dar de maneira aeróbia ou anaeróbia, ou seja, respectivamente com presença ou ausência de ar. Na forma anaeróbia, o decréscimo da carga

poluidora está associado à geração de biogás, que consiste numa mistura de gases (metano, dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, entre outros) com potencial energético.

O aproveitamento energético de resíduos sólidos tem se tornado uma realidade em algumas cidades brasileiras e uma alternativa para a destinação adequada desse material. As tecnologias utilizadas convertem, por processos amplamente utilizados ao redor do mundo, o resíduo em energia térmica e elétrica, pois aproveitam a energia contida nos resíduos sólidos para uso como combustível.

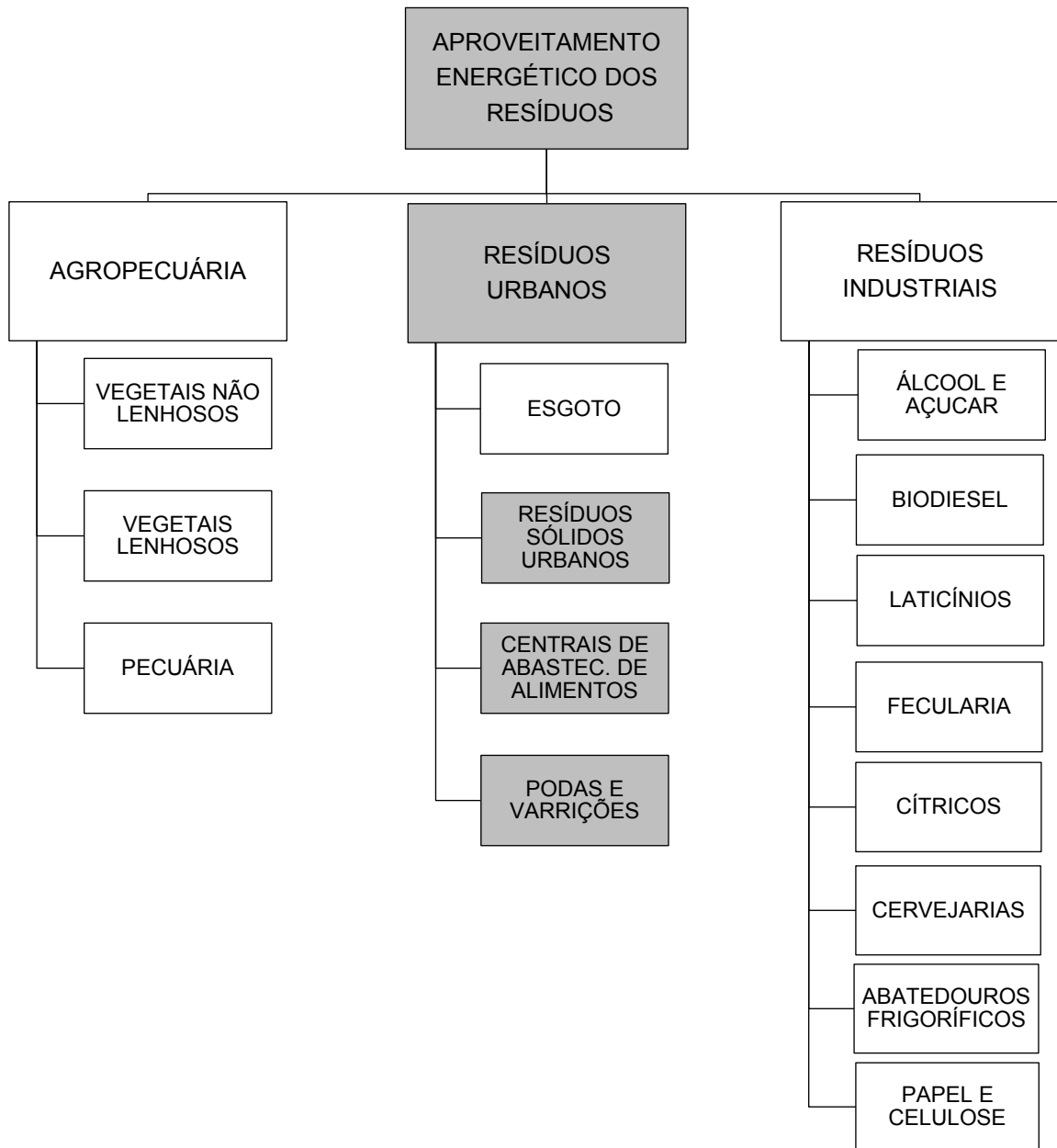
O termo “aproveitamento energético” é utilizado para denominar os métodos, processos e tecnologias que permitem recuperar parte da energia contida nos resíduos sólidos. As características dos Resíduos Sólidos Urbanos variam sua composição, poder calorífico, umidade, etc., dependendo da cidade, local de armazenamento, entre outros, o que influencia diretamente na eficiência do sistema de aproveitamento energético.

Existem diversas formas de aproveitamento energético dos resíduos orgânicos e em diversos setores da economia. A FIGURA 4 representa essas formas de aproveitamento. Em destaque, estão as formas de aproveitamento energético que são objeto desta tese: resíduos sólidos urbanos; resíduos de centrais de abastecimento de alimentos; e resíduos de podas e varrições. Todos são materiais geralmente depositados em aterros sanitários brasileiros.

Como já citado, além de estar expressamente previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos como uma das possibilidades de destinação ambientalmente adequada dos resíduos, o aproveitamento energético pode trazer alguns resultados adicionais: é uma das soluções para resíduos urbanos não recicláveis recomendadas pelo IPCC/ONU; reduz a emissão de GEE dos aterros sanitários; e diminui o uso de fontes fósseis de energia.

Um estudo publicado pela *MWH B.V. and Utrecht University* avaliou o potencial de redução de gases de efeito estufa na gestão de resíduos no Brasil, prevendo que as emissões líquidas de GEE vão crescer para 25,6 MtCO₂e/ano em 2030. Isso ocorre, principalmente, pela característica do RSU brasileiro, que tem elevada quantidade de resíduos orgânicos em sua composição. Esses materiais geram grandes quantidades de metano quando depositados no solo (UTRECHT UNIVERSIT; MWH BV, 2012).

FIGURA 4 - FORMAS DE APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS



FONTE: Elaborado pelo autor (2019).

4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO BIOGÁS DE RSU

O biogás é uma mistura gasosa produzida a partir da decomposição anaeróbia de materiais orgânicos, composta primariamente de metano e dióxido de carbono, com pequenas quantidades de ácido sulfídrico e amônia. Traços de hidrogênio, nitrogênio, monóxido de carbono, carboidratos saturados ou halogenados e oxigênio estão ocasionalmente presentes no biogás. Geralmente, a

mistura gasosa é saturada com vapor d'água e pode conter material particulado e compostos orgânicos com silício (siloxanas). A TABELA 8 mostra a composição típica do biogás produzido a partir da matéria orgânica de RSU em aterros sanitários. Essa composição e o conteúdo energético do biogás podem variar de acordo com o material orgânico e o processo por intermédio do qual é produzido.

TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS E COMPOSIÇÃO DO BIOGÁS

Parâmetro	Gás de aterros
Poder calorífico inferior (MJ/Nm ³)	16
Metano (%vol)	35 - 65
Dióxido de carbono (%vol)	15 - 50
Nitrogênio (%vol)	5 - 40%
Ácido sulfídrico (ppm)	< 100
Amônia (ppm)	5

FONTE: PERSSON *et al.*, 2006.

Os resíduos brasileiros têm porcentagem maior de material orgânico (até 60% de sólidos totais voláteis), quando comparado com dados americanos e europeus. O clima tropical os torna mais úmidos, mesmo com coletas mais frequentes. Assim, a porcentagem de metano sobe, conforme pode-se observar na TABELA 9 a seguir:

TABELA 9 - PRODUÇÃO DE METANO COM RESÍDUOS MUNICIPAIS BRASILEIROS

Parâmetro	Resíduos Municipais (Misturados)
Sólidos Totais (ST)	30 – 40%
Sólidos Totais Voláteis (SV)	50 – 60%
Impurezas (sem sedimentos)*	10 – 20%
Potencial de produção de biogás*	450 – 600 Nm ³ /t SV
Porcentagem de Metano	60 – 65% CH ₄

* Os valores correspondem às estimativas adaptadas à realidade do Brasil.

FONTE: BRASIL – Probiogás (2015).

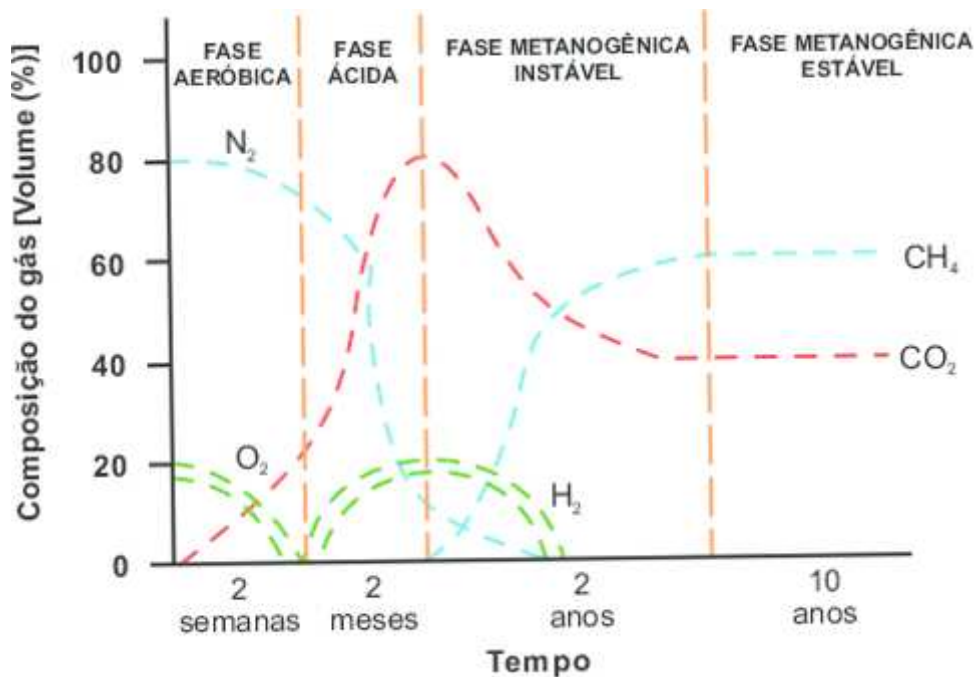
A geração de gás em depósitos de resíduos sólidos é influenciada por diversas variáveis, entre as quais podem ser citadas: a natureza dos resíduos, a umidade presente nos resíduos, o estado físico dos resíduos (tamanho das partículas), o pH, a temperatura, os nutrientes e a taxa de oxigenação. Esses fatores

são os responsáveis pelo desenvolvimento do processo de digestão anaeróbia de substratos orgânicos (CASTILHOS *et al.*, 2003).

Geralmente, a sequência de biodecomposição da matéria orgânica adicionada em depósitos de resíduos sólidos pode ser acompanhada por meio da evolução dos gases gerados a partir dos substratos adicionados e obedecem às seguintes fases, conforme ilustrado na Figura 5:

- Fase 1: Ajuste Inicial (Aerobiose);
- Fase 2: Ácida;
- Fase 3: Metanogênica Instável;
- Fase 4: Metanogênica Estável;
- Fase 5: Maturação.

FIGURA 5 - PRINCIPAIS FASES DA BIODEGRADAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA PRESENTE NOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

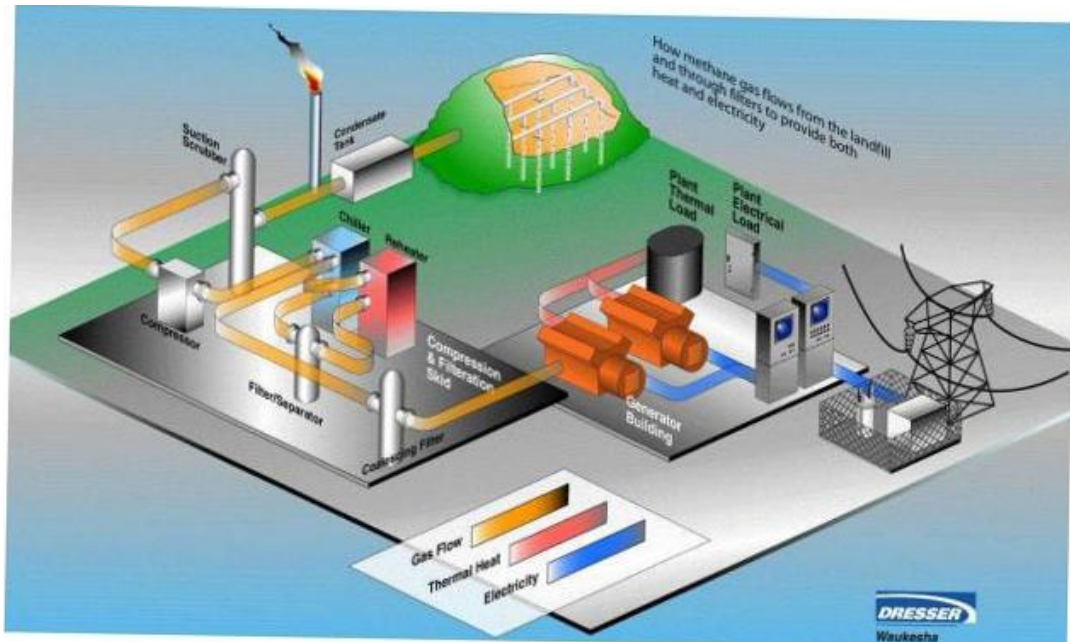


FONTE: CASSINI *et al.*, 2014

4.3 PLANTA TÍPICA PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS DE ATERRO

Uma planta típica para produção de biogás de resíduos sólidos em aterro é constituída de um sistema de extração e um sistema de utilização, como ilustra a FIGURA 6 (EPA, 2017).

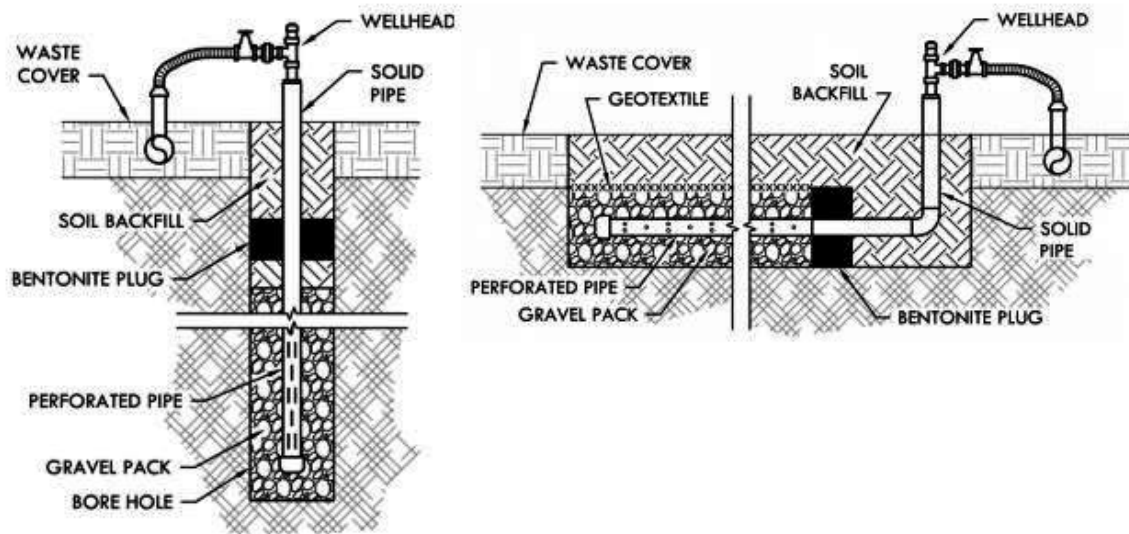
FIGURA 6 - PLANTA TÍPICA PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS DE ATERRO



FONTE: EPA, 2017.

A coleta de biogás de aterro normalmente começa depois que uma parte do aterro, conhecida como “célula”, é fechada para colocação de resíduos. Os sistemas de coleta podem ser configurados como poços verticais ou horizontais. O método mais comum de coleta de biogás de aterro envolve perfurar poços verticais no lixo e conectar cabeçotes à tubulação lateral que transporta o gás a um cabeçote de coleta, usando um ventilador ou sistema de indução a vácuo. Outro tipo de sistema de coleta de biogás usa tubulação horizontal colocada em valas nos resíduos. Os sistemas de valas horizontais são úteis em aterros sanitários e em áreas de enchimento ativo. Alguns sistemas de coleta envolvem uma combinação de poços verticais e coletores horizontais (EPA, 2017). A FIGURA 7 ilustra os modelos de poços de extração de biogás de aterro vertical e horizontal.

FIGURA 7 - MODELOS DE POÇOS DE EXTRAÇÃO DE BIOGÁS DE ATERRO VERTICAL E HORIZONTAL



FONTE: EPA, 2017

- **Sistema de bombeamento de água condensada** - Durante o percurso do biogás pelo sistema de coleta, pode haver formação de condensado. Caso a água não seja removida, o sistema perde eficácia pelo bloqueio do fluxo de gás.
- **Soprador** - Um sistema de insuflamento de gás é necessário para conduzir o gás do sistema de coleta para as etapas de tratamento e conversão de biogás em biometano.
- **Flare** - Mesmo em um empreendimento para produção de biometano, faz-se necessário um sistema para queima de biogás. Queimadores nesses casos atuam para consumir excesso de gases, evitando emissão de CH_4 na atmosfera e também como dispositivos de segurança para situações que requeiram parada nos sistemas.

Antes que o biogás de aterro possa ser usado em um processo de conversão de energia, ele deve ser tratado para remover o condensado, partículas e outras impurezas; esses requisitos de tratamento dependem do uso final. Os sistemas de tratamento para projetos de eletricidade produzida com o biogás de aterro geralmente incluem uma série de filtros para remover contaminantes que podem danificar os componentes do motor e da turbina, além de reduzir a eficiência do sistema. Já, para o uso direto de biogás de aterro em caldeiras ou fornos e, também,

no caso de produção de gás de alto Btu para injeção em gasodutos ou produção de combustíveis alternativos, é necessário um tratamento avançado (EPA, 2017).

Ainda, os sistemas de tratamento podem ser divididos em processamento de tratamento primário e secundário. No tratamento primário, os sistemas de processamento incluem remoção de água e filtração para remover a umidade e as partículas. A desidratação pode ser tão simples quanto a remoção física de água ou condensado livre no biogás de aterro, usando equipamentos frequentemente referidos como dispositivos *knockout*. É comum usar refrigeração e compressão de gás para remover a água vapor ou umidade do biogás de aterro. O resfriamento e a compressão de gás são utilizados há muitos anos e são elementos relativamente padrão dos sistemas ativos de coleta de biogás (EPA, 2017).

Os sistemas de tratamento secundário são projetados para fornecer uma limpeza a gás muito maior do que é possível, usando apenas os sistemas primários. Esses sistemas podem empregar vários processos de limpeza, incluindo tratamentos físicos e químicos. O tipo de tratamento secundário depende dos constituintes que precisam ser removidos para o uso final. Dois contaminantes vestigiais que devem ser removidos do biogás de aterro são os siloxanos e os compostos de enxofre (EPA, 2017).

4.4 METODOLOGIAS DE MDL¹⁰ PARA RESÍDUOS SÓLIDOS

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é um dos mecanismos de flexibilização criados pelo Protocolo de Kyoto¹¹ (assinado em 1997), para auxiliar o processo de redução de emissões de gases do efeito estufa (GEE) ou de captura de carbono (ou sequestro de carbono) por parte dos países do Anexo I^{12 13 14}. O objetivo desse mecanismo é facilitar e tornar mais acessível para cada país chegar à

¹⁰ Não é objetivo desta pesquisa avaliar o MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, mas sim descrever sua metodologia, pois diversos estudos e projetos se referem a ela.

¹¹ O Protocolo de Kyoto é um tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como causas antropogênicas do aquecimento global.

¹² São os países que têm metas em relação ao Protocolo de Kyoto. São divididos em dois subgrupos: (1) aqueles países que necessitam diminuir suas emissões e, portanto, podem tornar-se compradores de créditos provenientes do MDL; (2) os países que estão em transição econômica e por isso podem ser anfitriões de projetos do tipo Implementação conjunta (que é outro mecanismo de flexibilização do Protocolo de Kyoto).

¹³ O Brasil não faz parte dos países do Anexo I.

¹⁴ Os países em desenvolvimento são chamados países do "não Anexo I" e podem ser anfitriões de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

sua meta de redução de emissões de GEE, bem como gerar *commodities* a serem utilizadas no mercado internacional de emissões de carbono.

Um projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) aplicado à redução de emissões de gases gerados nas áreas de disposição final de resíduos sólidos prevê a realização de estudos de viabilidade técnica, social, institucional e econômica para municípios brasileiros. As metodologias também descrevem os procedimentos de cálculo que devem ser aplicados para estimar a redução de emissões de GEE do projeto, bem como os aspectos de monitoramento que garantam que os proponentes dos projetos quantifiquem efetivamente a redução de emissões. Segundo as regras do MDL, existem duas categorias de metodologias no que tange ao porte dos projetos: metodologias de grande escala e de pequena escala (ABRELPE, 2012).

As metodologias fornecem as informações necessárias para determinar a quantidade de Emissão Certificada de Reduções (RCEs) geradas por um projeto de mitigação. De acordo com os procedimentos estabelecidos pelo Conselho Executivo do MDL, as metodologias usam a seguinte nomenclatura, seguidas de um número consecutivo (UNITED NATIONS, 2018):

- AM#### = Metodologia aprovada
- ACM#### = Metodologia consolidada aprovada
- AMS-III.## = Metodologia de pequena escala aprovada

Para o caso particular de projetos em aterros sanitários, a diferença entre as categorias de metodologias é definida pela quantidade de redução de emissões de GEE que podem ser geradas por uma atividade específica. Um projeto que gere menos de 60.000 tCO₂e/ano pode aplicar metodologias de pequena escala. Já um projeto com redução de emissões superiores a 60.000 tCO₂e/ano pode aplicar metodologias de grande escala.

4.4.1 Metodologias de Grande Escala

ACM0001 - Queima ou uso de gás de aterro

A metodologia ACM0001 é a mais aplicada pelos projetos MDL de aterros sanitários no mundo e no Brasil. O biogás recuperado pela atividade de projeto

proposto pode ser queimado ou utilizado para gerar eletricidade, aproveitamento térmico ou purificação e injeção em uma rede de gás natural. A metodologia faz referência à ferramenta *Emissions from solid waste disposal sites*¹⁵.

Essa ferramenta descreve o procedimento de cálculo das emissões em locais de destinação final. De acordo com essa metodologia, também devem ser consideradas as emissões de projeto associadas pelo consumo de eletricidade e combustíveis fósseis atribuídos à implementação da atividade de projeto. Igualmente, no caso de queima do biogás em um *flare*, é necessário considerar as emissões associadas à eficiência de destruição do biogás no *flare* (ABRELPE, 2012 p. 37).

AM0069 - Uso de metano biogênico como matéria-prima e combustível para a produção de gás urbano - Versão 2.0

Essa metodologia de grande escala pode ser utilizada para reduções de emissões tanto pela destruição de metano presente no biogás como pela substituição parcial ou total do uso de combustíveis fósseis, como gás natural por metano purificado proveniente do biogás.

É aplicável às atividades do projeto em que o biogás capturado, em uma estação de tratamento de águas residuais ou em um aterro, é usado para substituir total ou parcialmente o gás natural ou outros combustíveis fósseis com maior teor de carbono como matéria-prima e combustível para a produção de gás urbano (UNITED NATIONS, 2018).

AM0083: Prevenção de emissões de gás de aterro sanitário por aeração in-situ dos aterros. Versão 1.0.1

Os resíduos depositados em aterros são tratados aerobicamente no local por meio de ventilação de ar (extração excessiva) ou aeração a baixa pressão, com o objetivo de evitar processos de degradação anaeróbicos.

Essa metodologia se aplica às atividades do projeto em que os resíduos depositados em aterros são tratados aerobicamente no local por meio de ventilação

¹⁵ https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-04-v6.0.1.pdf/history_view

de ar (extração excessiva) ou aeração de baixa pressão, com o objetivo de evitar processos de degradação anaeróbica e obter degradação aeróbica. Por aeração dos resíduos depositados em aterro, as emissões de gás de aterro são evitadas (UNITED NATIONS, 2018).

AM0093: Prevenção de emissões de gás de aterro sanitário por aeração passiva dos aterros. Versão 1.0.1

Os resíduos depositados em aterros são tratados aerobicamente no local por meio de aeração passiva, com o objetivo de evitar processos de degradação anaeróbios.

Essa metodologia se aplica às atividades do projeto que tratam os resíduos depositados em aterros no local por meio de aeração passiva (semiaeróbica), com o objetivo de evitar processos de degradação anaeróbia e obter degradação aeróbia. Ao arejar os resíduos depositados em aterro, as emissões de gás de aterro (LFG) são evitadas (UNITED NATIONS, 2018).

4.4.2 Metodologias de Pequena Escala

AMS-III.G - Recuperação de metano em aterros - Versão 10.0

Captura e combustão de metano de aterros utilizados na disposição de resíduos de atividades humanas, incluindo resíduos municipais, industriais e outros resíduos sólidos de matéria orgânica biodegradável (UNITED NATIONS, 2018).

AMS-III.AX - Camada de oxidação de metano (MOL) para locais de disposição de resíduos sólidos - Versão 1.0

Atividades do projeto que envolvem a construção de uma camada de oxidação de metano (MOL) na parte superior de um local de disposição de resíduos sólidos (SWDS), para evitar a liberação de metano por oxidação biológica na MOL.

Essa metodologia é aplicável às atividades do projeto que envolvem a construção de uma camada de oxidação de metano (MOL) no topo de um local de disposição de resíduos sólidos (SWDS), com baixa emissão de metano na superfície

residual (menos de 4 L CH₄.m⁻².h⁻¹). O objetivo é evitar a liberação de metano por oxidação biológica na MOL (UNITED NATIONS, 2018).

4.5 MÉTODOS DE CÁLCULO RECOMENDADOS PARA ESTIMATIVAS DE EMISSÕES EM ATERROS

Um modelo de geração de gás de aterro é uma ferramenta cuja função é fornecer uma estimativa do metano gerado ou do volume total de gás de aterro ao longo do tempo, a partir de um volume específico de resíduos.

Pelo princípio da conservação da massa, entende-se que:

$$Gás = Rejeito Depositado - Chorume - Resíduo restante \quad (1)$$

A biodegradação da matéria orgânica prossegue em várias etapas. O material orgânico não é um componente único, mas consiste em um amplo espectro de moléculas com degradabilidade variável. Moléculas menores, como açúcares e gorduras simples, são facilmente degradadas. A hemicelulose também é relativamente de fácil conversão em celulose, desde que seja acessível para enzimas e bactérias. Lignina, por sua vez, é resistente à biodegradação sob condições anaeróbias e pode proteger a celulose, impedindo-a de biodegradação.

Portanto, nem todo material orgânico pode ser convertido em gás de aterro. E, na prática, nem tudo que pode ser convertido será convertido, simplesmente porque as condições dos resíduos inibem a atividade biológica. Também, o projeto e a operação do aterro sanitário e, por fim, as condições climáticas influenciam na geração do gás.

Assim, nenhum modelo teórico atende perfeitamente as condições de um aterro real. Esses modelos complexos são, portanto, limitados pela qualidade dos dados de entrada disponíveis.

4.5.1 Modelos de ordem zero

Nos modelos de ordem zero, presume-se que a formação do gás de aterro a partir de um determinado montante de resíduos torna-se constante com o passar do tempo. Uma cinética de ordem zero significa que um pequeno acréscimo (positivo ou

negativo) de carbono não influencia a taxa de decomposição de substrato ou de produção de biogás. Em outras palavras, um modelo de ordem zero indica que a taxa de geração de metano é independente da quantidade de substrato restante ou da quantidade de biogás já produzida. Esse tipo de modelo é utilizado para estimar as emissões em termos nacionais e internacionais, com o pressuposto de que não há nenhuma alteração significativa na composição dos resíduos ou na quantidade de material aterrado. Um exemplo de modelo de ordem zero é o Modelo de Regressão¹⁶ da EPA (ABRELPE, 2012 p. 51).

4.5.2 Modelos de primeira ordem

A geração de gás de aterro é frequentemente descrita como um processo de primeira ordem ou uma variação deste. Um processo de decaimento de primeira ordem implica uma quantidade relativamente grande de gás de aterro, sendo formado imediatamente após a deposição, sendo gradualmente reduzido no tempo. Característica de um processo de decaimento de primeira ordem é um tempo fixo de geração de gás de aterro (OONK, 2010).

Os modelos de primeira ordem incluem o efeito da idade sobre a geração de metano. Presume-se que a formação de gás de aterro a partir de um determinado montante de resíduos decaia exponencialmente com o passar do tempo. Modificações nos modelos de primeira ordem também foram realizadas para incluir o acúmulo da fase metanogênica e a dependência de temperatura. O LandGEM da EPA é um modelo de primeira ordem considerado o padrão no setor de LFG, e é usado para estimar as emissões de LFG de aterros dos Estados Unidos regulados pela EPA, através da Lei do Ar Limpo *Clean Air Act - CAA* (ABRELPE, 2012 p. 51).

O IPCC utiliza um modelo de primeira ordem revisado, usando parâmetros de modelo validados, o que resulta em uma estimativa precisa da geração de metano (OONK, 2010).

4.5.3 Modelos multifásicos

¹⁶ Esse modelo é baseado tão somente em uma correlação linear entre a recuperação de metano e a massa de rejeitos. Níveis de umidade e decomposibilidade dos rejeitos, entre outros fatores, não são considerados. O potencial assumido de geração de metano dos resíduos é estimado em 0,023 a 0,061 gramas de metano por grama de resíduo úmido. Esse modelo prevê as emissões de metano por aterros dos Estados Unidos entre 2 e 6 Tg, assumindo uma destinação anual de 100 Tg de rejeitos (ABRELPE, 2012 p. 51).

São modelos de primeira ordem e são combinados para expressar a geração de metano a partir de diferentes frações dos rejeitos. Devem representar mais precisamente o que ocorre em um modelo de plena escala.

O modelo multifásico descreve que, por exemplo, resíduos de cozinha degradam muito mais rápido do que madeira ou papel. Geralmente, em modelos multifásicos, são distinguidas três frações: resíduos degradantes rápidos, moderados e lentos, cada um com seu próprio meio tempo de biodegradação (OONK, 2010).

4.5.4 O modelo utilizado pelo MDL

O cálculo para determinar as emissões de metano evitadas a partir da destinação de resíduos em um local de destinação de resíduos sólidos foi elaborado com o objetivo de fornecer subsídio de cálculo das emissões de linha de base de metano decorrentes dos resíduos, que, na ausência da atividade do projeto, seriam dispostos em locais de destinação de resíduos sólidos (SWDS, do inglês *solid waste disposal site*). As reduções de emissões são calculadas por meio de um modelo de decaimento de primeira ordem. Apesar de tal ferramenta destinar-se aos resíduos evitados nas áreas de destinação, ainda assim é bastante útil para calcular a quantidade de metano gerada pelos resíduos aterrados no caso do projeto proposto (ABRELPE, 2012).

4.6 FORMAS DE UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS

Existem diversas formas de utilização do biogás proveniente de aterros, em diversos setores da economia:

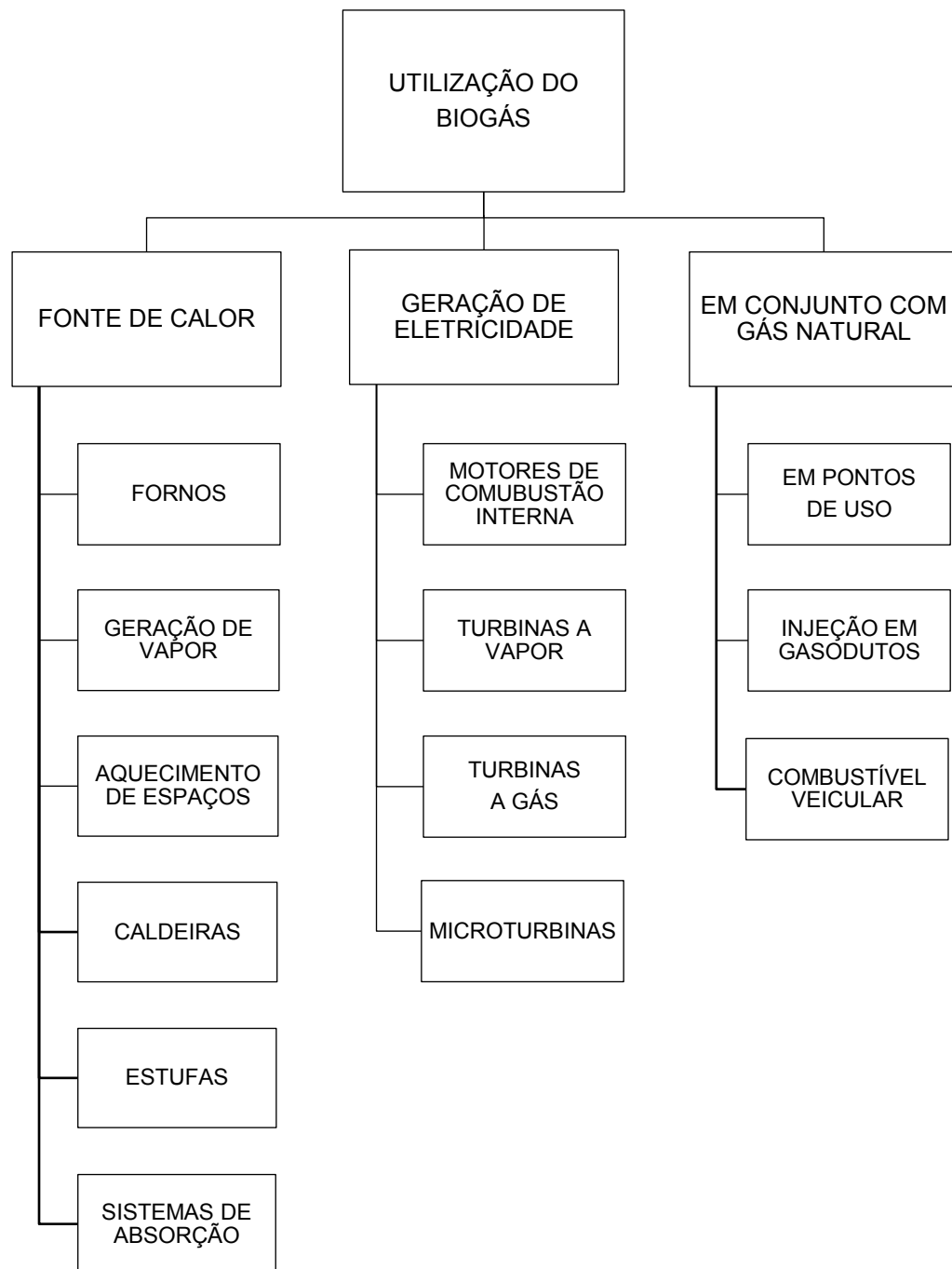
- a) Biogás como fonte de calor – É uma utilização como um combustível de baixo rendimento que exige um nível mínimo de processamento do gás. Uma câmara de remoção de condensado reduz o nível de umidade no fluxo do gás, e o combustível de baixo rendimento torna-se adequado para diversas aplicações de aquecimento de espaços e processos. Essa opção, por ter baixo custo, torna-se bastante atraente.
- b) Biogás para geração de eletricidade – Da mesma forma que na utilização como fonte de calor, a utilização para geração de eletricidade exige a retirada

do excesso de umidade do gás de aterro. A partir desse ponto, torna-se adequado em diversas tecnologias. Os custos são maiores, quando comparados à utilização anterior, pois exigem os equipamentos de geração de eletricidade.

- c) Alternativa ao Gás Natural - O gás de aterro pode ser utilizado como alternativa ao gás natural de três maneiras. Na primeira, ele é sujeito a uma limpeza leve e transportado até um usuário final por meio de um gasoduto dedicado. O gás resultante preserva o seu conteúdo energético original e substitui, ou é misturado com gás natural, no ponto de uso. A segunda maneira de substituir o gás natural é injetá-lo em uma rede de distribuição de gás natural já existente. Quando distribuído aos clientes através dos dutos, o gás natural deve atender a severos padrões de qualidade. Os operadores precisam fazer um processamento para aumentar seu conteúdo energético e atender às normas relativas a sulfeto de hidrogênio, umidade, dióxido de carbono, entre outras. A terceira forma é sua utilização como combustível veicular. Quando purificado na forma de biometano, o biogás representa uma das poucas energias renováveis capazes de substituir, de maneira direta e imediata, os combustíveis fósseis no setor de transportes, sem maiores investimentos em infraestrutura. Em termos de eficiência, o biometano supera o bioetanol, o biodiesel, a gasificação e outras tecnologias, por entregar a máxima quantidade de energia por unidade de massa.

A FIGURA 8 representa essas formas de utilização.

FIGURA 8 - FORMAS DE UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS



FONTE: Elaborado pelo autor (2019).

Além do biogás gerado nos aterros sanitários e sua necessária utilização para mitigação dos efeitos das mudanças climáticas globais, necessários se faz considerar todo o processo de gerenciamento dos RSU.

4.7 O GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

No Brasil, o gerenciamento dos RSU constitui responsabilidade da administração municipal e refere-se a um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração desenvolve, apoiada em critérios sanitários, ambientais e econômicos, para coletar, tratar e dispor os RSU de um município. Já a gestão de RSU (conceito muitas vezes confundido com gerenciamento) abrange os aspectos políticos, institucionais, administrativos, operacionais, financeiros, sociais e ambientais, envolvidos direta ou indiretamente com os resíduos. A gestão dos RSU tem sido proposta nas esferas estadual e federal (JUCÁ *et al.*, 2013).

Gerenciamento é o conjunto de ações técnico-operacionais que visam implementar, orientar, coordenar, controlar e fiscalizar os objetivos estabelecidos na gestão. Envolve acompanhar de forma criteriosa todo o ciclo dos resíduos, da geração à disposição final, empregando as técnicas e tecnologias mais compatíveis com a realidade local, promovendo condições adequadas para um destino final e ambientalmente seguro, tanto no presente como no futuro (JUCÁ *et al.*, 2013).

O gerenciamento de RSU inclui as etapas de segregação (separação), coleta, triagem, transbordo (transporte), tratamento e destinação final dos resíduos gerados. A FIGURA 9 apresenta as etapas de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

FIGURA 9 - ETAPAS DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.



FONTE: Adaptado de PROTEGEER (2020).

A segregação consiste na separação dos resíduos no seu local de geração, conforme norma ABNT NBR 10.004/2004, que classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. Na maioria dos casos, é realizada nos domicílios e, em parte das cidades brasileiras, já existe uma seleção entre resíduos recicláveis e não recicláveis. Uma evolução nessa etapa é a

seleção entre três tipos de resíduos: recicláveis (plástico, papel/papelão, vidro, metal e outros), orgânicos (restos de alimentos e podas) e outros (que não se enquadram nos recicláveis e orgânicos “puros”). A seleção nessas três categorias facilita muito as formas de tratamento. O ideal é a ampliação para a separação multiseletiva, já classificando os recicláveis por seu tipo de constituição e composição (orgânicos, plástico, papel/papelão, vidro, metal e outros). Para o funcionamento desse modelo, são essenciais as campanhas de comunicação à população com o esclarecimento sobre a forma correta de separação, bem como a educação ambiental nos diversos níveis.

A etapa de coleta é a operação de recolhimento dos resíduos de onde eles são gerados (residências, estabelecimentos comerciais e vias públicas) e envio até uma estação de triagem, ou diretamente até a etapa de tratamento. Os municípios e as empresas de coleta e transporte de RSU precisam estar preparados para recolhimento, conforme a separação feita nos domicílios (coleta seletiva ou multiseletiva).

A etapa de triagem consiste numa nova separação do RSU em caso de falha na seleção feita em domicílio. Pode ser feita manualmente, de maneira semimecanizada ou totalmente mecanizada. Ressalte-se o papel social desse serviço executado muitas vezes pelas associações de catadores, como também a necessidade de remuneração complementar adequada desse trabalho.

A etapa de transbordo se refere ao transporte do resíduo já separado até a usina de tratamento, ou do rejeito até o aterro sanitário para a correta disposição final. Pode compreender uma série de procedimentos físicos, químicos e biológicos:

a) Para os resíduos recicláveis, a forma de tratamento após a coleta é a separação dos materiais em tipos, conforme sua composição e constituição específicas: plástico, papel/papelão, vidro, metal, entre outros. Depois, são enfardados e comercializados para a reutilização ou reciclagem.

b) No caso dos resíduos orgânicos, as formas de tratamento são: a disposição direta em aterro sanitário (embora seja permitida, não é a forma ambientalmente mais correta e adequada); a compostagem (processo de decomposição aeróbia); e a digestão anaeróbia. Observe-se que a compostagem é consumidora de energia, enquanto a digestão anaeróbia é geradora de energia. Além disso, somente um composto de qualidade tem valor de mercado.

c) Para os demais resíduos (não recicláveis), existem outras tecnologias de valorização e aproveitamento mais modernas, especialmente as de tratamento térmico. Envolve a queima do material em altas temperaturas por meio de incineração, gaseificação, pirólise e outras. As cinzas, subprodutos do tratamento térmico, constituem uma matéria não combustível e devem ser encaminhadas para disposição final. Existe, também, o processo de conversão desses resíduos em Combustível Derivado de Resíduo (CDR), que é usado para alimentar fornos industriais, especialmente em cimenteiras (técnica denominada de coprocessamento).

A FIGURA 10 apresenta um fluxograma de possibilidades de tratamento dos RSU, que foi adaptado do projeto de rotas tecnológicas para RSU, indicadas pela PROTEGEER¹⁷.

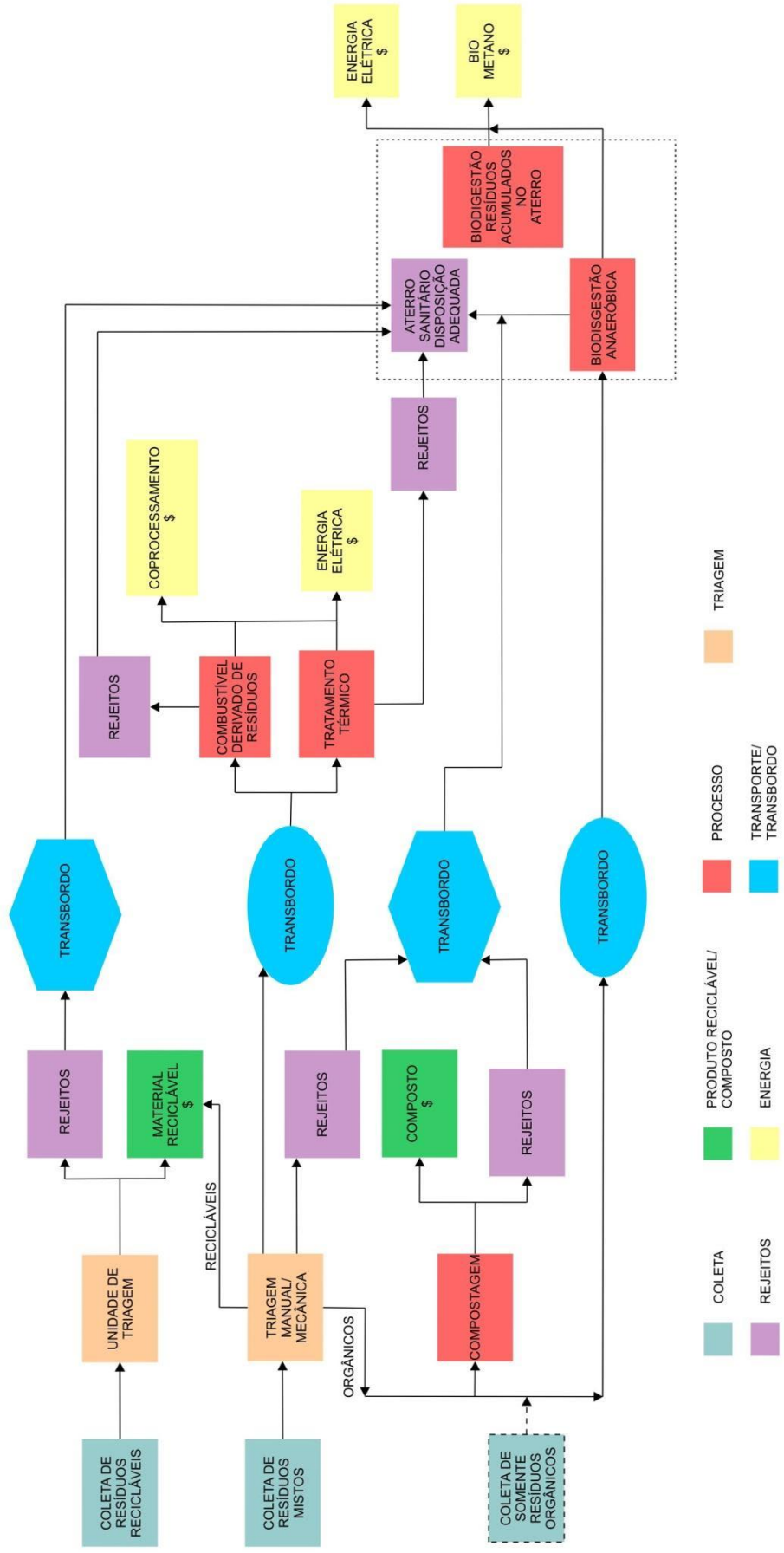
Para os resíduos recicláveis, o fluxo possível é a etapa de triagem, de onde é obtido o material reciclável e a consequente monetização. O material rejeitado é transbordado para o aterro sanitário e disposto adequadamente.

No caso dos resíduos orgânicos, existem dois caminhos: a) transbordamento direto para o aterro sanitário e tratamento por biodigestão anaeróbia com geração de energia e rejeitos sendo dispostos adequadamente no aterro; b) compostagem, com monetização do composto e rejeitos sendo transbordados para o aterro para disposição adequada.

Os resíduos mistos (ou não separados) são encaminhados para a etapa de triagem (mecânica ou manual), podendo seguir quatro caminhos: a) recuperação de materiais recicláveis com o fluxo descrito anteriormente; b) retirada de materiais orgânicos, seguindo o seu fluxo também descrito; c) materiais sem condições de separação são transbordados para as várias possibilidades de tratamento térmico ou coprocessamento. Para essas tecnologias, o produto final é a energia gerada (recuperada); e d) rejeitos sendo transbordados para o aterro para disposição final adequada.

¹⁷ É um projeto de cooperação técnica entre Brasil e Alemanha para promover uma gestão sustentável e integrada de resíduos sólidos urbanos (RSU), preservar os recursos naturais e reduzir o uso de energia e a emissão de gases de efeito estufa (GEE). Ele é implementado no âmbito da cooperação técnica firmada entre o Ministério do Desenvolvimento Regional, o Ministério do Meio Ambiente, a Agência Brasileira de Cooperação e a Cooperação Brasil-Alemanha por meio da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH).

FIGURA 10 – FLUXOGRAMA DE POSSIBILIDADES DE TRATAMENTO DOS RSU



FONTE: Elaborado pelo autor, adaptado de PROTEGEER (2020).

Levando-se em conta uma abordagem integrada de gerenciamento dos RSU, as emissões de GEE podem ser poupadas em todas as fases do processo – desde a de segregação (separação), coleta, triagem, transbordo (transporte), tratamento, até a destinação final dos resíduos. A análise do ciclo de vida normatizada pela ISO 14000 – Sistema de Gestão Ambiental é uma ferramenta útil para avaliar os impactos ao meio ambiente e à saúde, além de emissões e compensações de GEE (ABNT, 1997).

5 APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM ATERROS SANITÁRIOS

Os subcapítulos 5.1 a 5.7 consistem na apresentação dos dados secundários resultantes de levantamentos realizados junto a diversas fontes, conforme descrito na Metodologia.

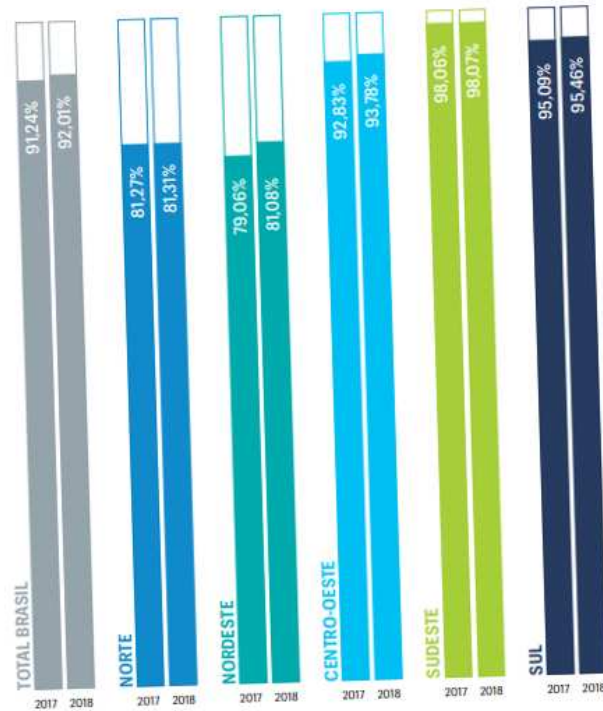
5.1 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são os originários de atividades domésticas e dos serviços de limpeza urbana (varrição, limpeza de logradouros e vias públicas) e aqueles gerados de atividades comerciais e industriais que tenham características similares aos resíduos domésticos.

Os números referentes à RSU revelam que, em 2018, foi gerado um total anual de 79 milhões de toneladas no país. O montante coletado em 2018 foi de 72,7 milhões de toneladas, registrando um índice de cobertura de coleta de 92% para o país, o que evidencia que 6,3 milhões de toneladas de resíduos não foram objeto de coleta e, conseqüentemente, tiveram destino impróprio. A geração de RSU no Brasil, em 2018, chegou a 216.629 toneladas diárias, e a geração *per capita* chegou a 380 kg/ano. Isso significa que, em média, cada brasileiro gerou 1,039 kg de resíduo por dia (ABRELPE, 2019). A FIGURA 11 apresenta o índice de cobertura de coleta no Brasil e nas regiões brasileiras.

Quanto à disposição final dos RSU coletados, foram cerca de 43,3 milhões de toneladas de RSU, ou seja, 59,5% do coletado, dispostos em aterros sanitários. O restante, que corresponde a 40,5% dos resíduos coletados, foi despejado em locais inadequados em 3.001 municípios brasileiros, totalizando mais 29,4 milhões de toneladas de resíduos em lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações, com danos diretos à saúde de milhões de pessoas.

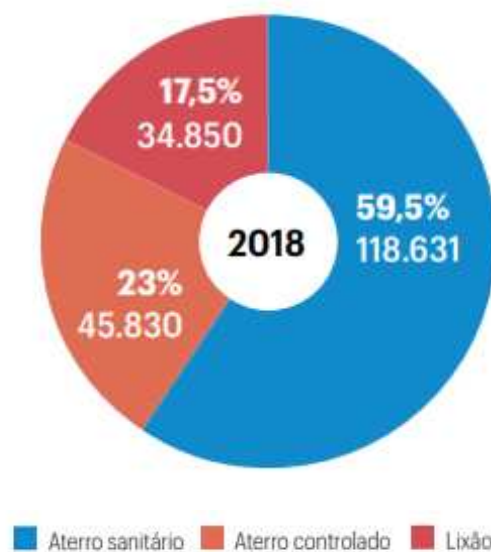
FIGURA 11 - ÍNDICE DE COBERTURA DA COLETA DE RSU (%)



FONTE: Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil – 2018 / 2019, ABRELPE, Ano-base 2018 (2019).

Isso corresponde a 80,6 mil toneladas de resíduos por dia, com elevado potencial, também, de poluição ambiental (ABRELPE, 2019). A Figura 12 representa esses índices.

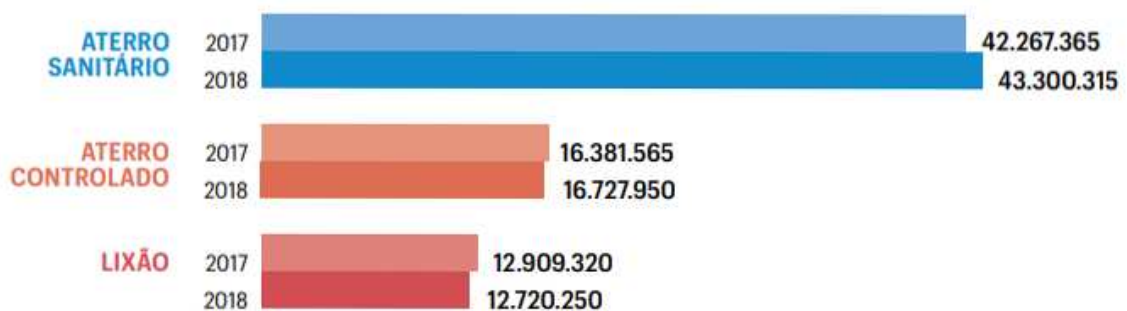
FIGURA 12 - DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU NO BRASIL POR TIPO DE DESTINAÇÃO (t/dia)



FONTE: Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil – 2018 / 2019, ABRELPE, Ano-base 2018 (2019).

Em números anuais, a disposição final adequada de RSU foi de 43.300.315 toneladas encaminhadas para aterros sanitários. Para aterros controlados, foram destinadas 16.727.950 toneladas. E, para lixões, foram encaminhadas 12.720.250 toneladas, no ano de 2018 (ABRELPE, 2019). A FIGURA 13 ilustra esses dados.

FIGURA 13 - DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU NO BRASIL POR TIPO DE DESTINAÇÃO (T/ANO)



FONTE: Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil – 2018 / 2019, ABRELPE, Ano-base 2018 (2019).

A TABELA 10 apresenta a relação entre a quantidade de municípios do país, por região, e o tipo de disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

TABELA 10 - QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS POR TIPO DE DISPOSIÇÃO FINAL ADOTADA

Disposição Final	Brasil 2017	Regiões e Brasil – 2018					
		Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	Brasil
Aterro Sanitário	2218	93	454	162	820	1040	2569
Aterro Controlado	1742	110	496	152	641	109	1508
Lixão	1610	247	844	153	207	42	1493
Brasil	5570	450	1794	467	1668	1191	5570

FONTE: Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil – 2018 / 2019, ABRELPE, Ano-base 2018 (2019).

5.2 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO PARANÁ

A gestão dos resíduos sólidos no Paraná é coordenada pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Sustentável e do Turismo - Sedest/PR, a partir da atuação da Divisão de Resíduos Sólidos - DRS. Vinculado à DRS está o grupo R-20 – Representantes das 20 regiões da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos e o Comitê Gestor de Resíduos Sólidos.

Os números referentes à geração de RSU, no Paraná, revelam um total anual de 3,47 milhões de toneladas coletados em 2017 (últimos dados informados), sendo a composição desses resíduos, conforme a TABELA 11, extratificada por faixa populacional.

No Paraná, a média de geração *per capita*, em 2018, chegou a 0,759 kg de resíduos por dia, menor que a média brasileira que é de 1,039 kg por dia (ABRELPE, 2019).

TABELA 11 - COMPOSIÇÃO DOS RSU NO PARANÁ – POR FAIXA POPULACIONAL

Faixa populacional (habitantes)	Composição de RSU (%)		
	Material Reciclável	Matéria Orgânica	Rejeitos
Até 50.000	27	60	13
De 50.001 a 200.000	34	49	17
Acima de 200.001	37	40	23

FONTE: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2018, PARANÁ – Ano-base 2017 (2018).

No Paraná, 100% dos municípios realizam coleta na área urbana, e 72% dos municípios realizam coleta na área rural.

A disposição final ambientalmente adequada é definida na PNRS como a distribuição ordenada de rejeitos em aterros sanitários, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

A TABELA 12 apresenta a classificação da disposição final de RSU adotada pelos municípios do Paraná. Observa-se que 40% dos municípios ainda têm disposição inadequada dos seus RSU.

TABELA 12 - CLASSIFICAÇÃO DA DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU NO PARANÁ

CLASSIFICAÇÃO	Nº MUNICÍPIOS	%	Nº ÁREAS	%
ADEQUADA	224	56,1	72	30,5
INADEQUADA	161	40,4	152	64,4
SEM CLASSIFICAÇÃO	14	3,5	12	5,1
TOTAL	399	100	236	100

FONTE: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2018, PARANÁ – Ano-base 2017 (2018).

Do total de aterros adequados, cinco possuem licenciamento para aproveitamento de gases: dois em operação, um em instalação e o restante com licença prévia a verificar o tipo de aproveitamento, tecnologia e quais os benefícios. Os cinco aterros encontrados no Plano Estadual situam-se nos municípios de Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo (TABELA 13).

TABELA 13 - MUNICÍPIOS PARANAENSES COM APROVEITAMENTO DE GASES EM ATERROS SANITÁRIOS

Município		Tipo de Licença ambiental obtida	Aproveitamento dos gases
Código	Nome	Up050	Up052
410230	Balsa Nova	Instalação	Sim
410480	Cascavel	Operação	Sim
412385	Santa Maria do Oeste	Prévia	Sim
412590	São Pedro do Paraná	Prévia	Sim
412770	Toledo	Operação	Sim

FONTE: SNIS-RS – diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos de 2017 – tabulação própria.

5.3 EMISSÕES DE GEE NO SETOR DE RESÍDUOS URBANOS

O método utilizado para a estimativa das emissões provenientes dos aterros foi o de decaimento, que corresponde ao Método Revisado (1996), do Guia de Boas Práticas (2000), ambos do IPCC, e o Refinamento de 2019 das Diretrizes do IPCC de 2006 para inventários nacionais de gases de efeito estufa. Esse método é

conhecido como *Tier 2*, que se caracteriza por considerar que a emissão de metano CH₄ persiste ao longo de vários anos após a disposição do resíduo.

A aplicação dessa metodologia requer dados relativos ao clima (médias anuais de temperatura e chuva), à quantidade de resíduo aterrada, à composição do resíduo, à qualidade de operação do aterro e às quantidades de CH₄ recuperadas e oxidadas.

Os dados apresentados a seguir foram gerados pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG)¹⁸, que é uma iniciativa do Observatório do Clima e que compreende a produção de estimativas anuais das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, documentos analíticos sobre a evolução das emissões e um portal na internet para disponibilização dos métodos e dados do sistema (SEEG, 2020).

As Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa foram geradas segundo as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), com base na metodologia dos Inventários Brasileiros de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa, elaborados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e em dados obtidos de relatórios governamentais, institutos, centros de pesquisa, entidades setoriais e organizações não governamentais (DE AZEVEDO; COSTA JUNIOR; BRANDÃO JUNIOR *et al.*, 2018).

O Seeg considera todos os gases de efeito estufa contidos no inventário nacional como CO₂, CH₄, N₂O e os HFCs. Os dados são apresentados também em carbono equivalente (CO₂e), tanto na métrica GWP (potencial de aquecimento global) como GTP (potencial de mudança de temperatura global), e segundo os fatores de conversão estabelecidos no 2º, 4º e 5º relatório do IPCC AR2, AR4 e AR5 (SEEG, 2020).

No sistema, estão avaliados todos os cinco setores que são fontes de emissões – Agropecuária, Energia, Mudanças de Uso da Terra, Processos Industriais e Resíduos - com o mesmo grau de detalhamento contido nos inventários de emissões. Os dados disponibilizados na Coleção 6 do Seeg constituem uma série que cobre o período de 1970 até 2017, exceto para o setor de Mudança de Uso da Terra, que tem a série de 1990 a 2017. O período anterior a 1990 não é coberto

¹⁸ <http://plataforma.seeg.eco.br/sectors/residuos>

pelos inventários de emissões. Os dados do Seeg são também apresentados de forma alocada pelos 26 Estados e o Distrito Federal (SEEG, 2020).

Para efeito deste trabalho, foram selecionados apenas os dados referentes aos Resíduos Sólidos. A metodologia de cálculo para emissões de metano de locais de disposição de resíduos sólidos (SEEG) está descrita no Anexo 1.

5.3.1 Panorama Geral de Emissões Brasileiras de GEE

Segundo o Relatório Síntese 2019 - Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa e Suas Implicações para as Metas do Brasil – 1970 a 2018 do Seeg, no ano de 2018, o Brasil emitiu um total de 1.939.121.718 CO₂e(t) GWP-AR5. Ou seja, 1,939 bilhão de toneladas brutas de gases de efeito estufa, medidas em dióxido de carbono equivalente (CO₂e), conforme a TABELA 14 (SEEG, 2019).

TABELA 14 - EMISSÕES TOTAIS DE GEE – BRASIL – ANO 2018 EM CO₂e(t) GWP-AR5

SETOR	2018	%
Energia	407.916.097	21,0%
Processos Industriais	101.233.912	5,2%
Mudança de Uso da Terra e Florestas	845.912.581	43,6%
Agropecuária	492.166.292	25,4%
Resíduos	91.892.835	4,7%
Total	1.939.121.717	100,0%

FONTE: Plataforma SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa - SEEG, (2020).

O setor de mudança do uso da terra (desmatamento, aplicação de calcário¹⁹ e queima de resíduos florestais) é o principal emissor de GEE com 43,6%, seguido pela agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes²⁰ e dejetos de animais) com 25,4%. Depois, o setor de energia (queima de combustíveis fósseis) com 21,0%. Ainda, o setor industrial com 5,2% e, por fim, o de resíduos (disposição de resíduos e esgoto), com 4,7%.

¹⁹ Segundo o fator de emissão adotado pelo IPCC (2006), a emissão provocada pela calagem realizada com calcário dolomítico é de 0,13 t C-CO₂ por tonelada de calcário aplicado no solo.

²⁰ Após a aplicação do adubo nitrogenado no solo, parte do N é perdido por desnitrificação, que é o processo de oxidação do NO₃. Essa transformação pode ser completa, originando N₂, embora uma porção variável do N possa ser emitida como óxido nitroso (N₂O). Segundo o fator de emissão adotado pelo IPCC (2006), considera-se que 1% da quantidade de N aplicada é perdida na forma de N₂O.

5.3.2 Emissões Brasileiras de GEE no setor de Resíduos Sólidos

Segundo o mesmo Relatório Síntese 2019 - Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa e Suas Implicações para as Metas do Brasil – 1970 a 2018 do Seeg, o setor de resíduos respondeu por 91,9 milhões de CO₂e(t) em 2018. Mesmo assim, essa cifra representa um crescimento de mais de 600% desde 1970, e de 95% entre 2000 e 2018. Entre 2017 e 2018, o aumento foi de 1,3% (SEEG, 2019).

O tratamento de esgoto doméstico e a disposição de resíduos têm uma relação direta com a população urbana do país. A proporção de coleta e tratamento de esgoto e disposição ambientalmente adequada de resíduos sólidos ainda não é tão alta no Brasil (43% de efluentes coletados e tratados, e 59% do lixo encaminhado para aterros sanitários) (SEEG, 2019). A principal responsável pelas emissões do setor de resíduos é a disposição de resíduos sólidos urbanos em aterros controlados, aterros sanitários e lixões (51% do total), seguida do tratamento de efluentes industriais, com 25%, e de efluentes domésticos, com 23% (SEEG, 2020).

No Brasil, as emissões de GEE, quando analisados apenas os resíduos sólidos urbanos, chegaram a 47.553.664 CO₂e(t) em 2018. A TABELA 15 apresenta a evolução de 0,97% no último ano, de 29,5% na última década, de 86,8% em 20 anos (SEEG, 2020).

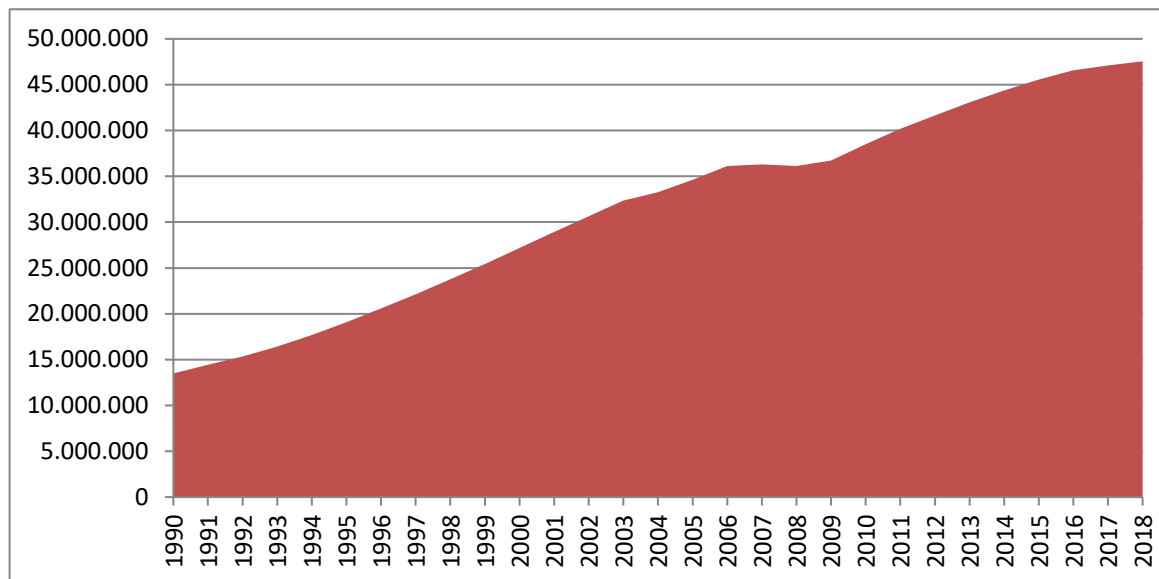
TABELA 15 - EMISSÕES DE GEE – RSU NO BRASIL – EM CO₂e(t) GWP-AR5

Ano	1990	1999	2009	2017	2018
Emissões provenientes de RSU	13.502.891	25.457.724	36.712.890	47.098.679	47.553.664

FONTE: Plataforma SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. SEEG, (2020) – Tabulação própria.

A FIGURA 14 apresenta a evolução das emissões de GEE no Brasil referente aos resíduos sólidos urbanos desde 1990 até 2018.

FIGURA 14 - EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE – RSU NO BRASIL – DE 1990 A 2018 - EM CO₂e(t) GWP-AR5



FONTE: Plataforma SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. SEEG, (2020)

5.3.3 Panorama Geral de Emissões Paranaenses de GEE

Seguindo o mesmo padrão de levantamento de dados, segundo o Relatório Síntese 2019 - Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa e Suas Implicações para as Metas do Brasil – 1970 a 2018 do Seeg, no ano de 2018, o Paraná emitiu um total de 66.255.324 CO₂e(t) GWP-AR5. Ou seja, 66,255 milhões de toneladas brutas de gases de efeito estufa, medidas em dióxido de carbono equivalente (CO₂e), conforme a TABELA 16 (SEEG, 2020).

TABELA 16 - EMISSÕES TOTAIS DE GEE – PARANÁ – ANO 2018 EM CO₂e(t) GWP-AR5

SETOR	2018	%
Energia	22.471.612	33,9%
Processos Industriais	3.265.027	4,9%
Mudança de Uso da Terra e Florestas	3.093.380	4,7%
Agropecuária	31.127.522	47,0%
Resíduos	6.297.783	9,5%
Total	66.255.324	100,0%

FONTE: Plataforma SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. SEEG, (2020)

Os percentuais, quando vistos por setor, são bem diferentes da composição brasileira. No Paraná, o setor de agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes e dejetos de animais) é o principal emissor de GEE, com 47,0%, seguido pelo setor de energia (queima de combustíveis fósseis), com 33,9%. Depois, o setor de resíduos (disposição de resíduos e esgoto), com 9,5%. Ainda, o setor industrial, com 4,9%, e, por fim, setor de mudança do uso da terra (desmatamento, aplicação de calcário e queima de resíduos florestais), com 4,7%, em função de que as florestas paranenses já foram derrubadas há bastante tempo.

5.3.4 Emissões Paranaenses de GEE no setor de Resíduos Sólidos

Também, seguindo o mesmo padrão de levantamento de dados, segundo a plataforma SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, o setor de resíduos respondeu por 6,39 milhões de CO₂e(t) em 2018, no Paraná. O principal responsável pelas emissões do setor de resíduos são os efluentes domésticos, com 67,9%, seguidos pela disposição de resíduos sólidos urbanos em aterros controlados, aterros sanitários e lixões, com 32,1% (SEEG, 2020).

No Paraná, as emissões de GEE, quando analisados apenas os resíduos sólidos urbanos, chegaram a 2.022.258 CO₂e(t) em 2018. A TABELA 17 apresenta uma diminuição de 0,46% no último ano, aumento de 13,0% na última década, de 73,7 em 20 anos (SEEG, 2020).

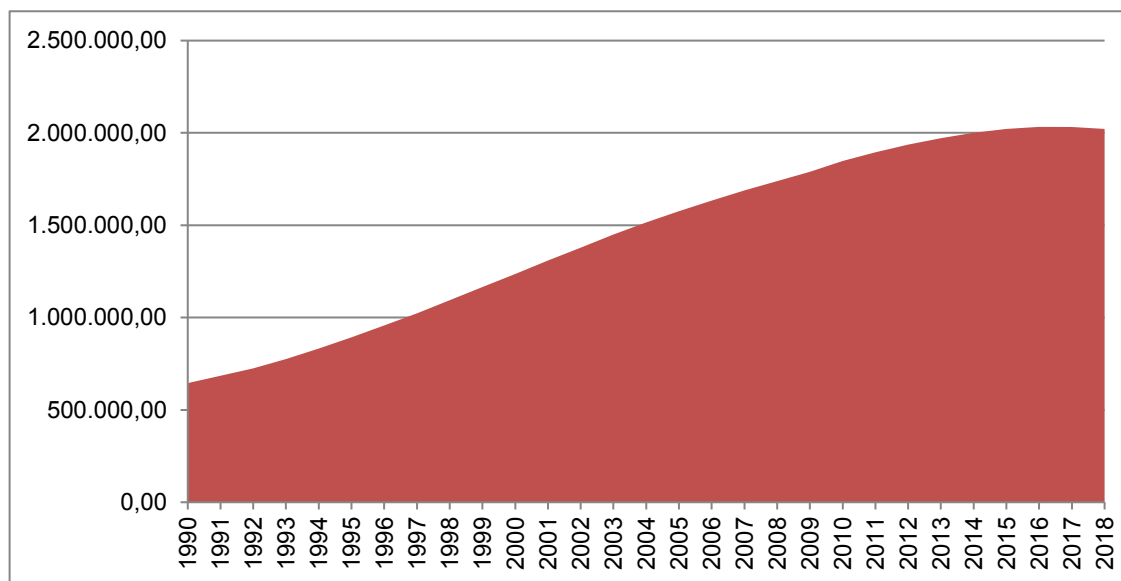
TABELA 17 - EMISSÕES DE GEE – RSU NO PARANÁ – EM CO₂e(t) GWP-AR5

Ano	1990	1999	2009	2017	2018
Emissões provenientes de RSU	645.198	1.164.538	1.788.830	2.031.709	2.022.258

FONTE: Plataforma SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. SEEG, (2020)

A FIGURA 15 apresenta a evolução das emissões de GEE no Paraná, referente aos resíduos sólidos urbanos desde 1990 até 2018.

FIGURA 15 - EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE – RSU NO PARANÁ DE 1990 A 2018 – EM CO₂e(t) GWP-AR5 DE 1990 A 2018



FONTE: Plataforma SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. SEEG, (2020)

5.4 POTENCIAL DE INSERÇÃO ANUAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS E ENERGIA ELÉTRICA PROVENIENTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL E NO PARANÁ

A produção de metano depende das características dos RSU (composição, tamanho das partículas, umidade, temperatura e pH) e das técnicas de implantação e operação dos locais de disposição final. Assim, é necessário considerar uma série de critérios na hora de estimar o potencial, o que inclui entender muito bem o comportamento da geração de biogás, a data de início e fechamento (quando for o caso) dos locais de destinação, condições operacionais de cada local, entre muitos outros fatores. Ainda, é preciso entender que nem todo o biogás gerado nos diferentes locais de destinação pode ser coletado; sempre haverá uma fração que acabará emitida para a atmosfera.

A forma mais precisa para determinar a taxa de produção de biogás de um substrato é por meio de um teste de degradação. Alternativamente, para substratos conhecidos e que possuam estimativas de produção de biogás publicadas, pode-se estabelecer o potencial com base na literatura disponível. Caso não seja possível

obter essas informações, pode-se, ainda, estabelecer um paralelo com a digestão de animais ruminantes, para isso, utilizam-se os coeficientes de biomassas dedicadas.

Para este estudo, foi adaptado o método desenvolvido pelo Sistema Nacional da Indústria – PR (SENAI/PR, 2016), com atualização de índices. Com os dados da média de geração *per capita* de RSU/dia (ABRELPE, 2019), obteve-se a média anual *per capita* em 2018. Multiplicando-se a população urbana do Brasil e do Paraná (IBGE, 2018), obteve-se a produção anual de RSU (em toneladas), no Brasil e no Paraná. A TABELA 18 ilustra esses números.

TABELA 18 - PRODUÇÃO ANUAL DE RSU NO BRASIL E NO PARANÁ (t)

	Média de Geração <i>per capita</i> dia – 2018 RSU [kg/(habitante*dia)]	Média Anual <i>per capita</i> de RSU – 2018 [kg/habitante]	População urbana - 2018	Produção anual de RSU - 2018 [t]
PARANÁ	0,759	277,04	9.614.819	2.663.641
BRASIL	1,039	379,24	176.636.879	66.986.887

FONTE: SENAI 2016 - Adaptado pelo autor

Em documento emitido pela Federação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais, foi utilizada a relação de 100 m³ de metano por tonelada de RSU (FEAM, 2010). De outro lado, em ensaios realizados no aterro sanitário de Caieiras, localizado no Estado de São Paulo, mostram que a produção de metano por tonelada de RSU foi de 99,69 m³ (PECORA; VELAZQUÉZ; COELHO, 2010). Um amplo estudo realizado nos Estados Unidos (2007) identificou que a reação completa de uma tonelada de RSU geraria 208 m³ padrão de biogás, sendo aproximadamente 50% de metano (THEMELIS; ULLOA, 2007). Para esta tese, foi utilizado o menor fator de conversão entre esses estudos, ou seja, de 99,69 m³/t de RSU.

Multiplicando-se a produção anual de RSU (t) (TABELA 18) pelo fator de conversão m³/t, obtém-se o potencial de produção de biogás em m³ (TABELA 18). No Brasil, observa-se um potencial de inserção de 6.677.922.756,43 m³/ano de produção de biogás provenientes de RSU; no Paraná, observa-se um potencial de 265.538.421,11 m³/ano.

Para a estimativa da geração de energia elétrica a partir do metano, foi utilizada a equação:

$$Pot = (Q \times PCI \times n) / 860 \quad (2)$$

Onde:

Pot - potência gerada (kW);

Q - vazão de biogás em (m³/h);

PCI - poder calorífero do biogás²¹ – 4613 kcal/m³

n - eficiência elétrica do motor²² – 0,28

860 - conversão kcal/h para kW

Assim, substituindo na equação 2 a vazão de 1 m³/h, obtém-se a potência de 1,5019 kW.

O mesmo estudo realizado nos Estados Unidos (2007), feito em diversos aterros sanitários com aproveitamento energético, identificou a relação de 1,824 kWh/m³ de metano convertido (THEMELIS; ULLOA, 2007).

Dessa forma, foi utilizado na TABELA 18 um fator de conversão de 1,50 kWh/m³ (o menor entre o calculado e a referência citada). Com isso, observa-se um potencial de inserção anual de 10.016,88 GWh no Brasil e de 398,31 GWh no Paraná, provenientes de RSU (TABELA 19). O Paraná tem um potencial de 3,98% de todo o país.

TABELA 19 - POTENCIAL DE INSERÇÃO ANUAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E DE ENERGIA ELÉTRICA PROVENIENTES DE RSU NO BRASIL E NO PARANÁ (m³) E (GWh)

	Fator de conversão de RSU em biogás (m ³ /t)	Potencial da produção de biogás em 2018 (m ³)	Fator de conversão de metano em energia elétrica (kWh/m ³)	Potencial de geração de energia elétrica em 2018 [kWh]	Potencial de geração de energia elétrica em 2018 (GWh)	Relação PR/BR em produção de energia
PARANÁ	99,69	265.538.421,11	1,50	398.307.632	398,31	3,98%
BRASIL	99,69	6.677.922.756,43	1,50	10.016.884.135	10.016,88	

FONTE: SENAI 2016 - Adaptado pelo autor

Considerando que, em 2018, a usina hidrelétrica de Itaipu produziu 96.585.596 MWh (96,6 mil GWh)²³, a produção de energia elétrica a partir de RSU tem um potencial de inserção de 1/10 de uma usina como a de Itaipu por ano,

²¹ Estudo de PRICE e CHEREMISINOFF, 1981.

²² Dados de Eficiência do motogerador LANDSET / BRASMETANO.

²³ <https://www.itaipu.gov.br/energia/geracao> - acesso 24jan2020.

proveniente de “resíduos novos”. Em termos estaduais, a usina hidrelétrica de Foz do Areia (Copel) produziu 4.980 GWh²⁴ em 2018, ou seja, o Paraná tem potencial de inserção de aproximadamente 8% de uma usina desse porte, por ano. Ainda, se for considerado que a produção máxima de biogás de um aterro se dá com 20 anos, a capacidade de produção de energia pode ser multiplicada diversas vezes.

5.5 PROGRAMAS DE INCENTIVO AO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RSU NO BRASIL E NO PARANÁ

A seguir, são listados vários benefícios destinados à geração de energia proveniente de fontes alternativas, dentre elas a biomassa, no âmbito do governo federal:

a) PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas

Criado pela Lei nº 10.438/2002, tem o objetivo de aumentar a participação de fontes alternativas renováveis (pequenas centrais hidrelétricas, usinas eólicas e empreendimentos termelétricos a biomassa) na produção de energia elétrica, privilegiando empreendedores que não tenham vínculos societários com concessionárias de geração, transmissão ou distribuição.

b) FUNDO CLIMA:

O Fundo Clima é um dos instrumentos da Política Nacional sobre Mudança do Clima e se constitui em um fundo de natureza contábil, vinculado ao Ministério do Meio Ambiente com a finalidade de garantir recursos para apoio a projetos ou estudos e financiamento de empreendimentos que tenham como objetivo a mitigação das mudanças climáticas. O Programa Fundo Clima se destina a aplicar a parcela de recursos reembolsáveis do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, ou Fundo Clima, criado pela Lei 12.114 em 09/12/2009, regulamentado pelo Decreto 7.343, de 26/10/2010, e atualmente regido pelo Decreto 10.143, de 28/11/2019. Tem como objetivo apoiar o

²⁴ http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx

desenvolvimento tecnológico, a implantação de empreendimentos, a aquisição de máquinas e equipamentos relacionados à redução de emissões de gases do efeito estufa e à adaptação às mudanças do clima e aos seus efeitos.

b.1) Fundo Clima – Energia Renovável:

Apoio a investimentos em geração e distribuição local de energia renovável a partir do uso de biomassa, exceto cana-de-açúcar, da captura da radiação solar, dos oceanos e da energia eólica no caso de sistemas isolados; e investimentos em atividades voltadas para o desenvolvimento tecnológico dos setores de energia solar, dos oceanos, energia eólica e da biomassa.

b.1) Fundo Clima – Resíduos Sólidos

Apoio a projetos de racionalização da limpeza urbana e disposição de resíduos preferencialmente com aproveitamento para geração de energia, localizados em um dos municípios prioritários identificados pelo Ministério do Meio Ambiente.

c) BNDES - Finem:

Geração a partir de biomassa, energia eólica, energia solar, pequenas centrais hidrelétricas e outras fontes alternativas pode obter financiamento, com taxas de juros abaixo das praticadas pelo mercado e prazo de amortização de até 20 anos;

d) Apoio a Projetos de Eficiência Energética (Proesco):

Financia intervenções que comprovadamente contribuam para a economia de energia, aumentem a eficiência global do sistema energético ou promovam a substituição de combustíveis de origem fóssil por fontes renováveis.

e) Redução de Imposto de Renda:

Projetos de setores prioritários implantados nas áreas de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene), da

Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (Sudam) e da Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (Sudeco) tem redução de imposto de renda. O setor de energia é um dos setores prioritários;

f) Descontos na Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD):

- desconto de 80% na Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD) para empreendimentos cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja menor ou igual a 30.000 kW e que entrarem em operação até 31 de dezembro de 2017;
- o desconto passa a ser de 50% a partir do 11º ano de operação da usina e para empreendimentos que começarem a operar a partir de 1º de janeiro de 2018.

g) Venda Direta a Consumidores:

- permissão para que geradores de energia de fontes alternativas, com potência injetada inferior a 50.000 kW, comercializem energia elétrica, sem intermediação das distribuidoras, com consumidores especiais, com carga entre 500 kW e 3.000 kW;
- na aquisição da energia, os consumidores especiais são beneficiados com desconto na TUSD, o que estimula a substituição, como fornecedor da energia, da distribuidora pelo gerador da fonte alternativa.

h) Sistema de Compensação de Energia Elétrica para a Microgeração e Minigeração Distribuídas:

- instituído pela Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, da Aneel;
- garante que consumidores interessados em fornecer energia para a rede da distribuidora na qual estão conectados poderão

fazê-lo, desde que obedecidos os procedimentos técnicos estabelecidos pela Aneel;

- os consumidores poderão abater a energia injetada daquela consumida, ou seja, somente pagarão para as distribuidoras a diferença entre o consumido e o injetado. Esse sistema é denominado de net metering;
- Tarifa *Feed-in* – é um mecanismo utilizado por políticas públicas destinadas a acelerar o investimento em tecnologias de energias renováveis por meio da oferta de contratos de longo prazo aos produtores de energias renováveis, normalmente com base no custo de geração de cada tecnologia.

i) Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (Reidi):

- suspensão da Contribuição para o Programa de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/Pasep) e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (Cofins), no caso de venda ou de importação de máquinas, aparelhos, instrumentos e equipamentos novos, de materiais de construção e de serviços utilizados e destinados a obras de infraestrutura, entre as quais as usinas geradoras de energia, destinadas ao ativo imobilizado;
- o projeto deve ser aprovado pelo Ministério de Minas e Energia (MME);
- o benefício é válido por cinco anos, a contar da habilitação do titular do projeto.

j) RENOVABIO

- É a nova Política Nacional de Biocombustíveis, instituída pela Lei nº 13.576/2017, cujo 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 dessa expansão,

almeja-se uma importante contribuição dos biocombustíveis na redução das emissões de gases de efeito estufa no país.

- O produtor terá que medir e qualificar todas as suas emissões (de gases do efeito estufa), a fim de obter uma nota de eficiência energética para emissão dos créditos de debêntures para comercialização em bolsa (CBIOs).
- O objetivo das CBios é prover para as usinas que cumprem as metas de emissão de gases previstas ativos financeiros que deverão ser investidos na expansão e manutenção do sistema de produção.

Entranto, no âmbito do governo estadual, a realidade é bem diferente. São pouquíssimos os projetos de lei, leis efetivas e regulamentações destinadas ao aproveitamento energético dos resíduos sólidos:

a) PROGRAMA ESTADUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS - PARANÁ
RESÍDUOS

Criado pela Lei nº 19261 DE 07/12/2017, tem o objetivo, entre outros, de incentivar, por meio das universidades estaduais e da Fundação Araucária, a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias que não agridam o meio ambiente. Também, fomentar o reaproveitamento de resíduos como matérias-primas e fontes de energia, e consequente preservação de recursos naturais não reaproveitáveis.

b) PROGRAMA PARANAENSE DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Criado pelo Decreto Nº 8673 DE 23/01/2018, tem o objetivo de promover e incentivar a produção e o consumo de energia oriunda de fontes renováveis, em especial a biomassa, a eólica e a solar, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do Estado do Paraná, com prioridade para as regiões de menor desenvolvimento humano. Poderão ser oferecidas linhas específicas de financiamento para os empreendimentos de geração, transporte, transmissão e consumo de energia renovável, pela Fomento Paraná e pelo Banco de Desenvolvimento do Extremo Sul - BRDE.

c) PROJETO SMART ENERGY PARANÁ

Criado pelo Decreto Nº Decreto 11538 – 05/11/2018, tem o objetivo, dentre outros, de promover a disseminação da geração distribuída por fontes de energias renováveis, usando, principalmente, aquela oriunda de geração eólica, fotovoltaica, PCH, CGH, biomassa, biogás e aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos.

d) PROGRAMA ENERGIA RENOVÁVEL – BRDE – Iniciativa Privada

Para empresas sediadas no país e com projetos na Região Sul, financia a implantação, modernização ou repotencialização de unidades geradoras de energia hidráulica, solar, eólica e demais energias renováveis, assim como a aquisição de turbinas, geradores fotovoltaicos, aerogeradores e outros equipamentos para geração de energia e capital de giro associado.

e) PRÓ-CIDADES – BRDE – Municípios

Para municípios localizados na Região Sul, financia a modernização tecnológica urbana: mobilidade e transporte urbano; geração de energia renovável; abastecimento de água; resíduos sólidos; infraestrutura para resiliência e segurança em espaços públicos; redes de fibra óptica, roteadores públicos; monitoramento ambiental, entre outros.

f) AFD – BRDE – Municípios

Para municípios localizados na Região Sul, financia:

- Energia Limpa e Renovável: projetos que promovam o uso de energia eficiente e sustentável, em equipamentos e processos, e possam demonstrar economias de energia, redução do consumo de energia específico ou redução das emissões de GEE no caso de projeto de troca de combustível;
- Gerenciamento de Resíduos: investimentos para reutilização e reciclagem de resíduos; equipamentos para coleta de resíduos; redução, tratamento e eliminação apropriada de resíduos

sólidos; tratamento de efluentes; prevenção e controle de emissões atmosféricas;

- Cidades Sustentáveis: projetos que aumentam a porcentagem da população ligada ao fornecimento de água/qualidade do fornecimento de água; projetos que aumentam a porcentagem da população ligada ao sistema de saneamento/qualidade do sistema de saneamento;
- Gerenciamento de Recursos Hídricos: recuperação da área degradada; despoluição de áreas hidrográficas; drenagem urbana; melhoria do sistema de transporte público; redução de ruído e poluição do ar, e consumo de energia.

5.6 VIABILIDADE ECONÔMICA

Avaliar a viabilidade econômica de um projeto de energia de aterros sanitários é uma etapa essencial e deve ser concluída antes de preparar o projeto do sistema, celebrar contratos ou adquirir materiais e equipamentos. A intenção deste tópico é indicar referências de dados e valores, destacando:

- Custos de operação e manutenção.
- Custos típicos de capital.
- Incentivos financeiros e financiamentos.
- Potenciais fluxos de caixa.

A avaliação econômica inclui custos e indicadores de desempenho financeiro necessário para realizar investimentos, incluindo:

- Custos totais de capital instalado.
- Período de retorno.
- Custos anuais no primeiro ano de operação.
- Valor presente líquido (VPL).
- Taxa interna de retorno (TIR).

5.6.1 Investimento Inicial

O investimento inicial de um projeto de aproveitamento energético de gás de aterro pode ser dividido basicamente em duas partes: o sistema de coleta de biogás e o sistema de conversão para energia elétrica.

O custo total de um sistema de coleta de biogás variará largamente, dependendo do número de fatores específicos do local. Se o aterro sanitário for profundo, os custos de captação tenderão a ser altos pelo aumento do custo dos poços, assim como se houver necessidade de aumentar o número de poços instalados. Nesse item, estão inclusos: poços ou conectores de coleta de gás; tubulações de gás; sistema de condensação de gás; soprador; sistema de *flare* e sistema de instrumentação e controle.

Segundo literatura atualizada da *EPA-United States Environmental Protection Agency*, publicada em março de 2020, para um aterro tamanho médio de 40 acres²⁵, projetado para coletar 600 cfm²⁶, o custo do sistema de coleta é de aproximadamente US\$ 1.143.000 ou US\$ 28.600 por hectare (EPA, 2020 pág 4-3). Convertendo esses valores, para um aterro de 161.874,4 m², com vazão de 1.019,40 m³/h, o custo de coleta de referência é de aproximadamente US\$ 2,86 por m².

Para o projeto elétrico, as opções tecnológicas mais comuns disponíveis para o desenvolvimento de um sistema de conversão de eletricidade são motores de combustão, turbinas a gás, microturbinas e pequenos motores. Cada uma dessas tecnologias é mais adequada para determinadas faixas de tamanho de projeto. Pequenos motores de combustão interna e microturbinas geralmente têm desempenho melhor para necessidades de energia pequenas ou específicas. Os motores de combustão interna são adequados para projetos de pequeno e médio porte, enquanto as turbinas a gás são mais adequadas para projetos maiores.

A TABELA 20 apresenta alguns investimentos iniciais típicos quanto aos tamanhos de projetos de conversão de energia para a eletricidade mais comum, e tecnologias de geração. Os custos incluem os equipamentos de geração e compressão, além de sistemas de tratamento adequados à tecnologia específica e equipamentos de interconexão.

²⁵ 1 acre = 4046,86 m²

²⁶ cfm (cubic feet per minute) – pés cúbicos por minuto. 1 cfm = 0,02831682 m³/min ou 1 cfm = 1,6990092 m³/h ou 1 cfm = 40,7762208 m³/dia

TABELA 20 - CUSTO ESTIMADO DOS EQUIPAMENTOS DE CONVERSÃO DE ENERGIA PARA ELETRICIDADE

TECNOLOGIA	TAMANHO IDEAL DO PROJETO	CUSTO DE REFERÊNCIA (US\$/kW)
Microturbinas	1 MW ou menos	3000
Pequenos motores de combustão interna	799 kW ou menos	2500
Grandes motores de combustão interna	800 kW ou mais	1800
Turbinas a gás	3 MW ou mais	1500

FONTE: EPA (2020)

Para o financiamento de projetos de aproveitamento energético de resíduos sólidos, podem ser utilizados os programas de incentivos já explicitados no subcapítulo 5.5 deste trabalho.

5.6.2 Custos Anuais de Operação

Da mesma forma, segundo literatura atualizada da *EPA-United States Environmental Protection Agency*, publicada em março de 2020, para um aterro tamanho médio de 40 acres, projetado para coletar 600 cfm, o custo médio anual de O&M (operação e manutenção) é de cerca de US\$ 191.000 ou US\$ 4.800 por acre (EPA, 2020 pág 4-3). Convertendo esses valores, para um aterro de 161.874,4 m², com vazão de 1.019,40 m³/h, o custo anual de referência para manutenção e operação do sistema de coleta do gás é de aproximadamente US\$ 1,18 por m².

A TABELA 21 apresenta o custo anual estimado para operação e manutenção dos sistemas de conversão de energia para a eletricidade das diferentes tecnologias de geração.

TABELA 21 - CUSTO ANUAL ESTIMADO DE O&M DOS EQUIPAMENTOS DE CONVERSÃO DE ENERGIA PARA ELETRICIDADE

TECNOLOGIA	TAMANHO IDEAL DO PROJETO	CUSTO ANUAL DE REFERÊNCIA – O&M (US\$/kW)
Microturbinas	1 MW ou menos	280
Pequenos motores de combustão interna	799 kW ou menos	270
Grandes motores de combustão interna	800 kW ou mais	250

Turbinas a gás	3 MW ou mais	160
-----------------------	--------------	-----

FONTE: EPA (2020)

5.6.3 Tributos e Encargos

As operações típicas precisam considerar os custos dos tributos e encargos sobre a venda de energia elétrica, principalmente os tributos federais PIS (1,65%) e Cofins (7%). Também é imputada a taxa da Agência Aneel (1,5%) sobre a receita de venda de energia elétrica.

Quanto ao ICMS, pelo Convênio ICMS 16/15, do Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz), autoriza-se conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel.

5.6.4 Receitas do Projeto

a) Receitas com a comercialização de energia elétrica

A principal fonte de receita nos projetos de aproveitamento de gás de aterros sanitários é a comercialização de energia elétrica a uma concessionária ou venda direta a consumidores. O potencial de receita é afetado pelas taxas de recompra de eletricidade (a taxa pela qual as concessionárias compram a energia elétrica gerada), conforme explicitado no item 5.5, tarifas *feed-in*.

Também, é importante considerar que a usina do aterro utilizará diretamente sua própria energia elétrica gerada para dar suporte às operações no local. Esses custos "evitados" de eletricidade são, de fato, os custos da energia elétrica que o aterro não precisa comprar de uma concessionária.

Além disso, a energia gerada pelo gás de aterro é reconhecida como um recurso energético renovável e, portanto, receitas adicionais podem estar disponíveis por meio de créditos tributários ou recebimento de incentivos.

b) Receitas com a comercialização de créditos de carbono

O comércio bilateral de venda de créditos de GEE é outra fonte de receita. As negociações bilaterais são específicas do projeto e são negociadas diretamente entre um comprador e um vendedor de Créditos de Carbono. Nesses casos, entidades corporativas ou instituições públicas podem desejar reduzir sua “pegada de carbono” ou cumprir as metas internas de sustentabilidade, mas não têm como desenvolver seu próprio projeto. Portanto, um comprador pode ajudar a financiar um projeto específico em troca do crédito por compensar as emissões de GEE de sua organização. Esses projetos podem ser simples transações entre um único comprador e vendedor (por exemplo, o desenvolvedor do projeto) ou podem envolver corretores que “agregam” créditos de vários pequenos projetos à venda para grandes compradores (EPA, 2020 pág 4-12).

A TABELA 22 apresenta, como referência, os valores do crédito de carbono nos anos de 2005 a 2018. Muitos dos projetos desse período utilizaram como valor de crédito de carbono entre 12 e 15 euros. A TABELA 23 apresenta, como referência, o valor do crédito de carbono no ano de 2019. Percebe-se uma grande valorização desse ativo no ano de 2019 (INVESTING.COM, 2020).

TABELA 22 - VALOR DO CRÉDITO DE CARBONO NO MERCADO FINANCEIRO DE 2005 A 2018 (EUROS)

Mês	Valor	Mês	Valor	Média
01/07/2005	21,90	01/07/2012	16,25	13,37
01/07/2006	16,05	01/07/2013	4,87	
01/07/2007	21,15	01/07/2014	6,57	
01/07/2008	22,06	01/07/2015	7,96	
01/07/2009	13,36	01/07/2016	4,44	
01/07/2010	14,13	01/07/2017	7,96	
01/07/2011	13,16	01/07/2018	17,36	

FONTE: Site Investing.com (2020)

TABELA 23 - VALOR DO CRÉDITO DE CARBONO NO MERCADO FINANCEIRO EM 2019 (EUROS)

Mês	Valor	Mês	Valor	Média
jan/19	22,15	jul/19	27,95	24,69
fev/19	21,59	ago/19	26,31	
mar/19	21,44	set/19	24,72	
abr/19	26,20	out/19	25,60	

mai/19	24,39	nov/19	25,22
jun/19	26,24	dez/19	24,51

FONTE: Site Investing.com (2020)

Percebe-se que essas cotações são bastante variáveis e influenciadas pelo andamento da economia mundial. Em momentos de crise econômica, os valores caem significativamente, enquanto em momentos de crescimento econômico mundial ocorre o inverso.

5.7 AS EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS PARA O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A maior parte dos países europeus vem adotando regras bastante rígidas em relação aos resíduos sólidos. Com o objetivo de tentar uniformizar o tratamento dado à questão, a União Europeia editou várias normas referentes ao assunto. A Diretiva 75/442/CEE, relativa a resíduos em geral, desde 1975 já determinava que os Estados-membros adotassem as medidas necessárias para promover a prevenção, a reciclagem e a transformação dos resíduos, a obtenção de matéria-prima a partir destes e eventualmente de energia, assim como qualquer outro método que permita a reutilização dos resíduos. Além disso, os Estados-membros devem garantir que os resíduos sejam aproveitados ou eliminados sem pôr em perigo a saúde humana e sem utilizar processos ou métodos suscetíveis de agredir o meio ambiente (EUR-LEX, 1975).

Por meio de alteração efetuada em 1991 e posterior atualização em 1999, a Diretiva determina que os Estados-membros tomassem medidas adequadas para promover: a prevenção ou a redução da produção e da nocividade dos resíduos; o aproveitamento dos resíduos por reciclagem, reutilização ou qualquer outra ação destinada à obtenção de matérias-primas secundárias; ou a utilização de resíduos como fonte de energia (EUR-LEX, 1999). Sendo:

[...] M. Considerando que o método de eliminação de resíduos mais utilizado continua a ser a deposição em aterro, cuja taxa de utilização em cinco Estados-Membros chega a ser superior a 60%; que a incineração de resíduos com recuperação de energia é o segundo método mais comum de eliminação de resíduos, embora não seja utilizado na Irlanda e na Grécia (EUR-LEX, 1999).

E,

[...] T. Considerando que o nº 2 do artigo 2º da Directiva 75/442/CEE relativa aos resíduos prevê que poderão ser fixadas, em directivas específicas, disposições concretas para regulamentar a gestão de determinadas categorias de resíduos,

14. Entende que todos os Estados-Membros devem dispor de capacidade de incineração suficiente para os resíduos domésticos, de modo a permitir a recuperação de energia, para as fracções para as quais não haja, na hierarquia de resíduos da UE, melhores alternativas de tratamento de resíduos, nomeadamente a reutilização e reciclagem de materiais (EUR-LEX, 1999).

Assim, diversos países europeus desenvolveram suas políticas de resíduos sólidos urbanos e aproveitamento energético. A seguir, são citados os principais modelos.

Na Alemanha, a escassez de aterros sanitários na década de 1980 e a percepção de que são grandes utilizadores de recursos naturais e fontes de energia exigiu o desenvolvimento de uma moderna gestão de resíduos. O conceito de "economia circular" tem sido aprimorado desde o início dos anos 1990 para se tornar uma economia de recursos, bem como a criação do Programa Nacional de Eficiência de Recursos - ProgRess. As bases científicas para a construção de um programa nacional para a prevenção de resíduos agora são discutidas com os estados, municípios e associações, para a elaboração de um programa de prevenção de resíduos, padronizado no território nacional (DEUTSCHLAND, 2018).

Também, o governo alemão reconhece explicitamente que os gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono, são a causa das mudanças climáticas antropogênicas. Esses gases são emitidos para a atmosfera através da combustão de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, e levam ao aquecimento global. O objetivo da política climática alemã é reduzir as emissões de gases de efeito estufa em pelo menos 55% até 2030 em comparação com os níveis de 1990. Além disso, visa alcançar, na maior extensão possível, uma sociedade neutra em termos de gases de efeito estufa até 2050, na qual se possa ter boa qualidade de vida na Alemanha e no mundo. No contexto da ação climática internacional, a Alemanha defende a implementação ambiciosa e eficaz do Acordo de Paris (DEUTSCHLAND, 2016).

Em termos práticos, na área de energias renováveis, a política alemã emprega tarifa *feed-in*²⁷ como bonificação. Incentiva fortemente sistemas de purificação a biometano. Até 2020, as fontes renováveis no país deveriam atingir 35% de representatividade no setor elétrico e 18% em relação à demanda de energia total (SENAI-PR, 2016).

Desse conhecimento, nasceu o Projeto Brasil-Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético de Biogás no Brasil, o Probiogás, que tem o objetivo de ampliar o uso energético eficiente do biogás em saneamento básico e em iniciativas agropecuárias e agroindustriais, inserir o biogás e o biometano na matriz energética nacional e, por conseguinte, contribuir para a redução de emissões de gases indutores do efeito estufa. Fruto da cooperação técnica entre o governo brasileiro, por meio da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, e o Governo Alemão, por meio da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH, o Probiogás tem como foco principal o aproveitamento do biogás gerado no tratamento anaeróbio dos esgotos sanitários, dos resíduos sólidos urbanos, agropecuários e dos efluentes agroindustriais.

Da mesma forma, a França tem o aproveitamento energético de resíduos sólidos dentro de um plano climático elaborado em 2017, que prevê o avanço na legislação ambiental e reforça o apoio da sociedade francesa (FRANCE, 2017). Entre as diretrizes, estão:

- Desenvolver uma mobilidade limpa que seja acessível a todos: será introduzida uma compensação financeira, para incentivar as pessoas a substituir um veículo que não atenda aos padrões *Crit'Air*²⁸.
- Uso da energia com mais responsabilidade: será concedido apoio a áreas residenciais que gostariam de produzir e usar suas próprias fontes de energia renovável (biogás, energia solar, etc.).
- Uso da “economia circular” como conceito central da transição energética: as pequenas empresas que desejam economizar em

²⁷ *Feed-in tariff* - é um mecanismo utilizado por políticas públicas destinadas a acelerar o investimento em tecnologias de energias renováveis por meio da oferta de contratos de longo prazo aos produtores de energias renováveis, normalmente com base no custo de geração de cada tecnologia.

²⁸ O certificado de qualidade do ar da **Crit'Air** da França é um selo emitido para demonstrar a conformidade do veículo com os padrões de emissão europeus. O Crit'Air cobre todos os veículos rodoviários, incluindo motocicletas, quadriciclos, carros particulares, vans, caminhões e ônibus.

termos de energia e recursos receberão assistência para reduzir pela metade a quantidade de resíduos que serão depositados em aterros e alcançar 100% de reciclagem de plástico até 2025.

- Gerar eletricidade livre de carbono: soluções de orientação serão oferecidas às áreas locais envolvidas até o fim da geração de eletricidade baseada em carbono. As medidas terão como objetivo simplificar o desenvolvimento de fontes de energia marinha e geotérmica, bem como a digestão anaeróbica.
- Deixar os combustíveis fósseis no subsolo: os planos de exploração de hidrocarbonetos serão proibidos para que, até 2040, a França não produza mais petróleo, gás ou carvão.
- Atingir a neutralidade do carbono até 2050: o governo buscará um equilíbrio entre as emissões provocadas pelo homem e a capacidade dos ecossistemas de absorver carbono. Alcançar a neutralidade das emissões de gases de efeito estufa é um objetivo ambicioso. Em termos mundiais, apenas a França, a Suécia e a Costa Rica fizeram disso um requisito a ser cumprido.
- Retirar os veículos emissores de gases do efeito estufa do mercado até 2040.
- Projetar soluções futuras em conjunto com a pesquisa, reforçar os esquemas voltados para a cooperação científica para aumentar o apelo nas principais disciplinas de combate às mudanças climáticas.
- Adaptar-se às mudanças climáticas: um novo Plano Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas (PNACC) será apresentado para oferecer aos cidadãos franceses uma proteção mais eficaz contra eventos climáticos extremos e criar resiliência entre os principais setores econômicos para que eles possam suportar melhor as mudanças climáticas.

A política pública francesa na área é adepta da tarifa *feed-in*. Promove, ainda, o pagamento de bonificação para plantas de purificação a biometano. Até 2030, objetiva produzir 70 TWh a partir de biogás, com destinação de 50% para a rede de gás natural, 30% para a eletricidade e 20% como calor. Pretende instalar 600 plantas produtivas a cada ano (SENAI-PR, 2016).

Assim como Alemanha e França, a maior parte dos países europeus tem adotado regras bastante rígidas em relação aos resíduos sólidos e seu aproveitamento energético. A TABELA 24 apresenta um resumo das políticas e estratégias utilizadas por seus países, neste sentido. Observa-se que a maioria utiliza-se de incentivos financeiros e tarifa *feed-in*.

TABELA 24 - POLÍTICAS E ESTRATÉGIAS DEFINIDAS EM DIVERSOS PAÍSES EUROPEUS PARA INSERÇÃO DO USO DO BIOGÁS

Áustria	Utiliza tarifa <i>feed-in</i> sujeita a um mínimo de 30% de esterco como substrato para produção de biogás. O objetivo governamental é incluir 20% de biometano no gás natural até 2020.
Dinamarca	Faz uso da tarifa <i>feed-in</i> . Objetiva tornar-se independente de fontes fósseis até 2050.
Finlândia	Aplica tarifa <i>feed-in</i> para instalações acima de 100 kVA e não tributa o consumo de biogás. Possui programa de apoio financeiro governamental para construção de plantas de produção.
Holanda	Destina benefícios financeiros para eletricidade, calor e gás gerados por meio de fontes renováveis. Deseja aumentar em 14% a quantidade de energia limpa disponível. Até 2020, espera elevar para 6,7 TWh o volume de biometano injetado na rede de gás natural. Hoje, esse número está em 1 TWh.
Irlanda	Não conta com tarifa <i>feed-in</i> atrativa. Políticas de exigência de separação de lixo reciclável e orgânico em andamento devem gerar novas oportunidades.
Noruega	Efetua política de incentivo para diminuir a emissão de dióxido de carbono na agricultura e possui sistema de bonificação por tonelada de esterco destinado a biodigestores. Estimula o uso do biogás por isenção de impostos sobre o uso da estrada e pelo investimento em infraestruturas de mobilidade sustentável. Contudo, o preço de transporte do biocombustível ainda é alto e tem limitado a popularização da tecnologia.
Reino Unido	Contempla a tarifa <i>feed-in</i> , bem como incentiva a utilização de biometano. Emite certificados para uso de digestão anaeróbica e mantém fundo financeiro para apoiar a realização do procedimento em pequena escala, além de estudos e projetos relacionados. Até 2020, a Inglaterra deve gerar 3-5TWh de calor e eletricidade por meio desse tipo de processo. O País de Gales e a Irlanda do Norte, por sua vez, registram subsídios governamentais atrativos para tecnologias de digestão anaeróbica. Já a Escócia proibiu o envio de lixo orgânico para aterros, o que deve estimular a produção de biogás.
Suécia	Estimula o uso de biometano em carros. Pratica isenção de impostos sobre o biogás. Os produtores recebem um certificado para cada MWh de eletricidade produzida a partir de recursos

	renováveis. Dependendo do consumo de energia, o usuário (pessoa jurídica) é obrigado a adquirir certificados de empresas produtoras. Também possui sistema de pagamento de benefício por kWh produzido a partir de esterco. Tem planejados até 2016 investimentos para a comercialização de novas tecnologias e soluções nesse campo.
Suíça	Conta com tarifa <i>feed-in</i> . Deseja abandonar a energia nuclear e substituí-la por energias renováveis

FONTE: SENAI/PR (2016)

No Canadá, a responsabilidade pelos resíduos sólidos municipais é compartilhada entre o governo federal e o das províncias, territórios e municípios. O país adota a abordagem indicada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), no conceito de que os produtores são os responsáveis pelo destino dos seus produtos e embalagens até o fim de sua vida útil.

Segundo o *Canadian Council of Ministers of the Environment*, que é um fórum intergovernamental liderado pelo ministro para ações coletivas sobre questões ambientais de interesse nacional e internacional, as prioridades atuais são (CANADA, 2020):

- Facilitar a cooperação interjurisdicional na mitigação e adaptação às mudanças climáticas.
- Desenvolver e implementar o Sistema de Gerenciamento da Qualidade do Ar.
- Implementar e garantir políticas para que os canadenses tenham acesso a água limpa, segura e suficiente para atender suas necessidades de maneira a também manter a integridade dos ecossistemas.
- Desenvolver ferramentas, dados e práticas recomendadas para ajudar a reduzir e reciclar resíduos.
- Aumentar a capacidade jurisdicional de gerenciar locais contaminados.

Para atender essas prioridades, o governo desenvolveu a estrutura Pan-Canadense sobre Crescimento Limpo e Mudança Climática, que é um plano coletivo para aumentar a economia, reduzindo emissões e construindo resiliência para se

adaptar às mudanças climáticas, reconhecendo assim os impactos das mudanças climáticas em seus ambientes, como erosão costeira degelo *permafrost*; aumentos nas ondas de calor, secas e inundações, e riscos para infraestrutura crítica e segurança alimentar (CANADA, 2016).

A Estrutura Pan-Canadense possui quatro pilares principais: precificação da poluição de carbono; medidas complementares para reduzir ainda mais as emissões em toda a economia; medidas para adaptação aos impactos das mudanças climáticas e para criar resiliência; e ações para acelerar a inovação, apoiar as tecnologias limpas e criar empregos (CANADA, 2016).

As previsões indicam para um total de emissões de GEE canadense projetado de 742 MtCO₂e em 2030. A indústria é responsável por 37% do total de emissões, transporte com 23%, o setor de edifícios (principalmente aquecimento) com 12%, geração de eletricidade com 11%, agricultura com 10% e, finalmente, resíduos com 7% do total do Canadá. Assim, várias medidas e políticas específicas foram e continuam sendo criadas para cada setor. A meta é reduzir para 523 MtCO₂e em 2030 (CANADA, 2016).

Especificamente no setor de resíduos, o plano contempla diversas ações, entre elas o aumento da captura de biogás de aterro. Baseados na experiência do estado da Nova Escócia, desde 2002, o país vem intensificando a redução das emissões de GEE, desviando os resíduos orgânicos dos aterros, reciclando e criando uma economia circular, mesmo conceito que os europeus utilizam (CANADA, 2016).

Já nos Estados Unidos, a *Environmental Protection Agency* – EPA é uma agência federal do governo dos Estados Unidos da América encarregada de proteger a saúde humana e o meio ambiente: ar, água e terra. Não é um ministério de fato, mas o administrador possui *status* ministerial. E dentro de suas atribuições está a definição das políticas públicas para os resíduos. A *Resource Conservation And Recovery Act (RCRA)* é a lei pública que cria a estrutura para o gerenciamento adequado de resíduos sólidos perigosos e não perigosos. Descreve o programa de gerenciamento de resíduos mandatado pelo Congresso, que deu à EPA autoridade para desenvolver o programa RCRA.

A EPA concentrou-se amplamente na construção de programas de resíduos sólidos perigosos, nos resíduos municipais e na promoção de um forte compromisso social com a reciclagem e a prevenção da poluição. O programa RCRA evoluiu em

resposta a mudanças nos aspectos de geração e gerenciamento de resíduos que não poderiam ter sido previstos quando o programa foi implementado pela primeira vez (USA, 2020a). As principais preocupações atuais são:

- Proteger as comunidades e o meio ambiente.
- Mitigação e limpeza de contaminação.
- Defender abordagens de gerenciamento de materiais e resíduos sustentáveis e do ciclo de vida.
- Promover o desenvolvimento econômico (incluindo criação de empregos) e bem-estar da comunidade.
- Adotar os avanços tecnológicos que facilitarão o comércio e aumentarão a participação das partes interessadas nas decisões que afetam suas comunidades.

Os resíduos sólidos não perigosos são regulamentados pelo subtítulo D do RCRA. Os estados desempenham um papel de liderança ao garantir que os critérios federais para a operação de regulamentos de aterros sanitários urbanos e aterros de resíduos industriais sejam atendidos e possam estabelecer requisitos mais rigorosos. Na ausência de um programa estadual aprovado, os requisitos federais devem ser atendidos pelas instalações de resíduos (USA, 2020a).

As políticas em relação ao tema mudanças climáticas têm sofrido alterações, dependendo do entendimento de cada governo (USA, 2020b). Antes do governo Donald Trump, havia um posicionamento claro a favor das ações em alinhamento com a ONU:

- Junho/2009 - A EPA concede à Califórnia permissão para definir seus próprios padrões de emissões automáticas a partir dos modelos de 2009, enquanto os padrões federais de emissões entraram em vigor em 2012.
- Dezembro/2009 - Após um exame minucioso da ciência e uma análise cuidadosa dos comentários do público, a EPA anuncia que os gases de efeito estufa ameaçam a saúde e o bem-estar do povo americano. Como resultado, os gases de efeito estufa que levam às mudanças climáticas podem ser regulados pela Lei do Ar Limpo.

- Março/2012 – A EPA propõe primeiro padrão de poluição de carbono para novas usinas de energia. A regra cria um caminho a seguir para que novas tecnologias sejam implantadas.
- Junho/2013 - Plano abrangente para mudanças climáticas. O então presidente americano Barack Obama anuncia uma estratégia de mudança climática focada na preparação para os efeitos da mudança climática, na redução da poluição de carbono nos EUA e no fornecimento de assistência técnica internacional.
- Abril/2016 – Assinatura do Acordo Climático de Paris, para mitigação das emissões de gases de efeito estufa que contribuem para o aumento da temperatura média global, o que leva à mudança climática.

Após o início da administração Donald Trump, a política em relação às mudanças climáticas mudou radicalmente:

- Junho/2017 - EUA retiram-se do Acordo Climático de Paris. Cessação de toda a implementação do Acordo, afirmando que o cumprimento dos termos do acordo pode prejudicar a competitividade dos EUA e custar aos EUA até 2,7 milhões de empregos perdidos até 2025.
- Outubro/2017 - A EPA propõe revogar o Plano de Energia Limpa depois de determinar que o regulamento da administração Obama excede a autoridade estatutária da Agência.

Embora tenha acontecido essa guinada na política externa, os Estados Unidos são um dos países com maior número de programas de incentivo às energias renováveis. Foram desenvolvidos para ajudar os consumidores de energia em todos os setores, formuladores de políticas estaduais e provedores de energia, fornecendo informações objetivas, criando redes entre os setores público e privado e prestando assistência técnica. A EPA também oferece reconhecimento às principais organizações que adotam políticas e práticas de eficiência energética e energias renováveis (USA, 2020c):

- *AgStar* - promove o uso de sistemas de recuperação de biogás para reduzir as emissões de metano dos resíduos de gado. Além de produzir biogás, os sistemas de digestão anaeróbica também podem

ajudar a alcançar outros benefícios sociais, ambientais, agrícolas e econômicos.

- *The Combined Heat and Power Partnership* - é um programa voluntário que visa reduzir o impacto ambiental da geração de energia. Trabalha em estreita colaboração com os usuários de energia, a indústria, os governos estaduais e locais e outras partes interessadas em energia limpa para facilitar o desenvolvimento de novos projetos e promover seus benefícios ambientais e econômicos.
- *The Green Power Partnership* - é um programa voluntário que incentiva as organizações a comprar “energia verde” como forma de reduzir os impactos ambientais associados ao uso de eletricidade. Atualmente, possui centenas de organizações parceiras que voluntariamente compram bilhões de quilowatt-hora de energia por ano.
- *The Landfill Methane Outreach Program* - é um programa de assistência voluntária que ajuda a reduzir as emissões de metano dos aterros sanitários, incentivando a recuperação e o uso benéfico do gás de aterro como recurso de energia renovável.
- *The RE-Powering America's Land Initiative* - incentiva o desenvolvimento de energia renovável em terras, aterros e minas atuais e anteriormente contaminados, alinhando-se com a visão da comunidade para o local. Essa iniciativa identifica o potencial de energia renovável desses locais e fornece recursos para comunidades, desenvolvedores, indústrias, governos estaduais e locais ou qualquer pessoa interessada em reutilizar esses locais para o desenvolvimento de energias renováveis.
- *State and Local Energy and Environment Program* - Apoia esforços de mudança climática e energia limpa, fornecendo assistência técnica, ferramentas analíticas e apoio à divulgação.
- *The Heat Island Reduction Program* - ajuda a reduzir os efeitos das ilhas de calor em comunidades, compartilhando informações sobre os seus impactos, benefícios de mitigação e avanços nas políticas com tomadores de decisão estaduais e locais e implementadores de programas, comunidade de pesquisa, indústria e público em geral.

- *EPA's Smart Growth Program* - ajuda as comunidades a melhorar suas práticas de desenvolvimento e obter o tipo de desenvolvimento que desejam. O programa trabalha com especialistas locais, estaduais e nacionais, para descobrir e incentivar estratégias de desenvolvimento que protejam a saúde humana e o meio ambiente, criem oportunidades econômicas e forneçam bairros atraentes e acessíveis para pessoas de todos os níveis de renda.

Com a recente eleição e posse (2021) do presidente Joe Biden, uma das primeiras atitudes tomadas logo após a sua posse foi assinar o termo de retorno ao Acordo de Paris e das políticas ambientais anteriores a Donald Trump, promessa de sua campanha eleitoral.

O Japão, em janeiro de 2019, publicou seu novo plano ambiental, chamado de *The Basic Environment Plan*, com base na Lei Básica do Meio Ambiente de 1993, que leva em consideração os desenvolvimentos acumulados nos quatro planos básicos anteriores. Também, o plano incorpora reflexões sobre as crises ambientais globais; os conceitos da “Agenda 2030”; dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e do Acordo de Paris (JAPAN, 2019).

Nos planos anteriores, as prioridades eram definidas separadamente em cada um dos campos ambientais, abordando diretamente questões ambientais específicas. Esse plano, por outro lado, estabelece seis estratégias transversais interdisciplinares, como medidas específicas para resolver vários problemas diferentes de maneira complementar. Ao fazer isso, esse plano visa adotar e incorporar a abordagem de “melhorias integradas em meio ambiente, economia e sociedade” (JAPAN, 2019).

O conceito central do plano é a formação de uma sociedade autossuficiente e descentralizada, em sintonia com as suas necessidades e que, em seguida, complementam-se entre as comunidades vizinhas fazendo uso dos recursos regionais disponíveis. Esse conceito foi chamado “Economia Circular Ecológica” e está adequado para maximizar o potencial de cada região em todo o Japão (JAPAN, 2019).

O plano prevê a utilização de diversas fontes de energia renovável, como energia solar, eólica, hidrelétrica, geotérmica, biomassa, calor de fontes renováveis, como geotérmica e fontes termais, de acordo com as características locais.

Estabelece, ainda, a atualização da lei sobre compras de eletricidade a partir de fontes renováveis de 2017; entre as ações, está a expansão do uso da biomassa de resíduos sólidos urbanos (JAPAN, 2019).

5.8 ATERROS SANITÁRIOS COM APROVEITAMENTO ENERGÉTICO NO PARANÁ

Neste item da tese, buscou-se levantar os dados e informações por meio dos questionários de campo, com o objetivo de responder ao objetivo específico da tese: investigar os processos de mitigação de GEE, por meio de dados de campo de geração de biogás, conversão em energia elétrica e emissões evitadas de metano (CH₄) e de dióxido de carbono (CO₂) em instalações existentes no Paraná.

5.8.1 Aterro Sanitário de Fazenda Rio Grande

O Aterro Sanitário de Fazenda Rio Grande é operado pelo grupo econômico Estre, que contempla a empresa de gerenciamento de resíduos Cavo e que faz a coleta e destinação do lixo de Curitiba e grande parte da sua região metropolitana, em forma de consórcio. O aterro é denominado de CGR-Iguaçu (Centro de Gerenciamento de Resíduos Iguaçu) e está localizado na Av. Nossa Senhora Aparecida, 3188 – bairro Santa Terezinha, em Fazenda Rio Grande/PR, CEP 83829-308, conforme ilustra a FIGURA 16.

FIGURA 17 - VISTA AÉREA DO MACIÇO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE



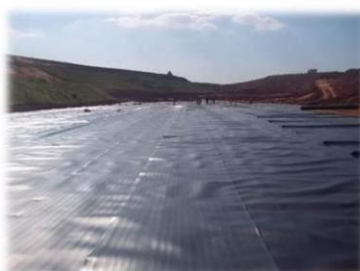
FONTE: Apresentação Grupo ESTRE – CGR Iguazu (2019).

Foram disponibilizadas imagens, também, do controle de compactação, da impermeabilização da base, das drenagens horizontal e vertical, da drenagem pluvial e das bacias de contenção, conforme FIGURA 18.

FIGURA 18 - IMAGENS DO CONTROLE DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE



Controle de compactação



Impermeabilização de base



Drenagem horizontal



Drenagem vertical



Drenagem pluvial



Bacias de contenção

FONTE: Apresentação Grupo Estre – CGR Iguazu (2019).

Na FIGURA 19, está a imagem do tratamento de efluentes, a descontaminação de líquidos perclorados (chorume) e a água de reuso.

FIGURA 19 - TRATAMENTO DE EFLUENTES DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE



FONTE: Apresentação Grupo Estre – CGR Iguaçu (2019).

E, na FIGURA 20, o sistema de remoção e queima de gases de efeito estufa, e o sistema de geração de energia elétrica. A instalação, operação e manutenção do sistema de geração de energia são executadas em parceria com a *ENC Energy Group*, que é uma empresa especializada nesses serviços.

Os dados do aterro sanitário foram levantados por meio de um questionário que foi aplicado no dia da visita, conforme Anexo 2. O resumo do questionário está apresentado na TABELA 25.

FIGURA 20 - SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE



FONTE: Apresentação Grupo Estre – CGR Iguaçu (2019).

TABELA 25 - RESUMO DO QUESTIONÁRIO APLICADO NO ATERRO SANITÁRIO DE FAZENDA RIO GRANDE

A) NOME E LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	
1) Nome do Empreendimento	Centro de Gerenciamento de Resíduos Iguaçu
2) Responsável	Estre Ambiental S.A.
3) CNPJ	03.147.393/0001-59
4) Endereço:	Av. Nossa Senhora Aparecida, 3188
5) Cidade / CEP	Fazenda Rio Grande / PR – 83820-000
6) Nome de quem respondeu a pesquisa	Silvana Andrades
7) Cargo	Engenheira Ambiental
B) DADOS DO ATERRO SANITÁRIO	
8) Início da operação	Novembro/2010

9) Início do aproveitamento energético	Junho/2016
10) Toneladas por dia de RSU	2500
11) Toneladas por ano de RSU	912.500
12) Tipos de Resíduos	RSU Classe 2 ^a
13) Área do Aterro Sanitário	267,5 ha, sendo que 62 ha são utilizados para a disposição de resíduos
14) Área de captação de biogás	Aproximadamente 16 ha

C) TECNOLOGIAS DE CAPTAÇÃO DO BIOGÁS

15) Quantidade de poços	180
16) Nº. de linhas principais	4 linhas de 360 mm ²
17) Nº. de motores de sucção	2 turbinas
18) Sistema de pré-tratamento	Peneiras e filtro a carvão
19) Sistema de <i>Flare</i>	Para quando a usina parar
20) m ³ /h de metano	4160 média
21) m ³ /ano de metano	36.441.600
22) Relação média m ³ de biogás por tonelada de RSU	Não informado.
22) Poder calorífico médio do biogás kcal/m ³	Não informado.

D) TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

23) Característica do(s) gerador(es)	GE (General Electric)
24) Q. de geradores	6 instalados, mas a capacidade total do projeto é de 21
25) Vazão de gás m ³ /h	680
26) Potência kW	1426 cada
27) Eficiência	Não informado
28) Energia gerada MWh/dia	200 (8,4 MWh x 24 h) nominal, mas em média 180
29) Energia gerada GWh/ano	73 (estimativa de projeto), mas 65 de média devido às paradas

E) REDUÇÃO DE EMISSÕES

30) Qual a redução anual de emissões gerais?	670.000 tCO ₂ e (estimado)
31) O empreendimento participa de algum projeto MDL?	Não

32) Qual a metodologia MDL utilizada?	Não informado
33) Qual a RDE – Redução Certificada de Carbono/ano (tCO _{2e})?	Não informado
34) Qual a RDE desde o início da operação (tCO _{2e})?	Não informado

F) DADOS ECONÔMICO-FINANCEIROS²⁹

35) Qual o investimento no empreendimento?	Não informado
36) Houve financiamento? Qual?	Não informado
37) Há incentivos fiscais? Quais?	Não informado
38) Qual o faturamento anual do empreendimento?	Não informado
39) Qual o tempo de retorno do investimento previsto?	Não informado
40) Existe faturamento com venda de créditos de carbono? Quanto?	Não informado

G) DADOS SOCIOAMBIENTAIS

41) Quantos postos de trabalho foram gerados com o projeto?	São 65 funcionários no aterro sanitário, sendo 3 para a parte das tubulações e 3 para a geração de energia, em 6 postos de trabalho.
42) Qual a distância de comunidade/habitações circunvizinhas ao aterro?	Existem comunidades a partir de 1 km de raio do maciço do aterro.
43) Quais as ações desenvolvidas para inclusão social dos catadores?	Existe uma área (barracão) dentro do aterro cedida aos catadores para desenvolverem seu trabalho de separação de resíduos recicláveis.
44) Existem nascentes próximas ao aterro?	Sim. Pequenos cursos d'água que nascem no terreno do Aterro Sanitário.
45) Há presença de rios próximos ao aterro?	Sim. 1 córrego chamado Arroio Velho que deságua no Rio Iguaçu e passa por dentro da área do Aterro Sanitário.
46) Há monitoramento da água subterrânea? Como?	Sim.
47) Qual o tratamento dado ao chorume gerado pela decomposição biológica do resíduo?	Descontaminação dos líquidos percolados (chorume e água de reuso).
48) Qual o volume médio diário de chorume gerado?	Não informado.
49) Existe algum programa de educação ambiental destinado às comunidades?	Sim. Em 2012, foi criado o Instituto Estre para promoção de Educação Ambiental em todas os aterros gerenciados no Brasil. O trabalho foi desenvolvido principalmente com as escolas. São mais de 26 mil alunos e mais de 2800 professores capacitados no Brasil (não soube detalhar os dados para o Aterro de Fazenda Rio Grande). Trabalha também com as comunidades do entorno.
50) Existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?	Não.
51) São pagos <i>royalties</i> pela exploração dos RSU?	Não.

²⁹ O Grupo Estre se reservou ao direito de não informar dados econômico-financeiros para esta pesquisa.

H) OBSERVAÇÕES

- Todo resíduo que chega ao aterro passa por um processo de pesagem e identificação do tipo.
 - Existe a triagem do resíduo reciclável.
 - A maior parte dos gases gerados no aterro ainda está sendo queimada sem aproveitamento, uma vez que a capacidade do aterro comporta 21 geradores, e estão instalados apenas 6.
 - Existe monitoramento das águas subterrâneas.
 - Existe uma unidade interna de viveiros e mudas.
-

FONTE: Autor – Tabulação própria (2020).

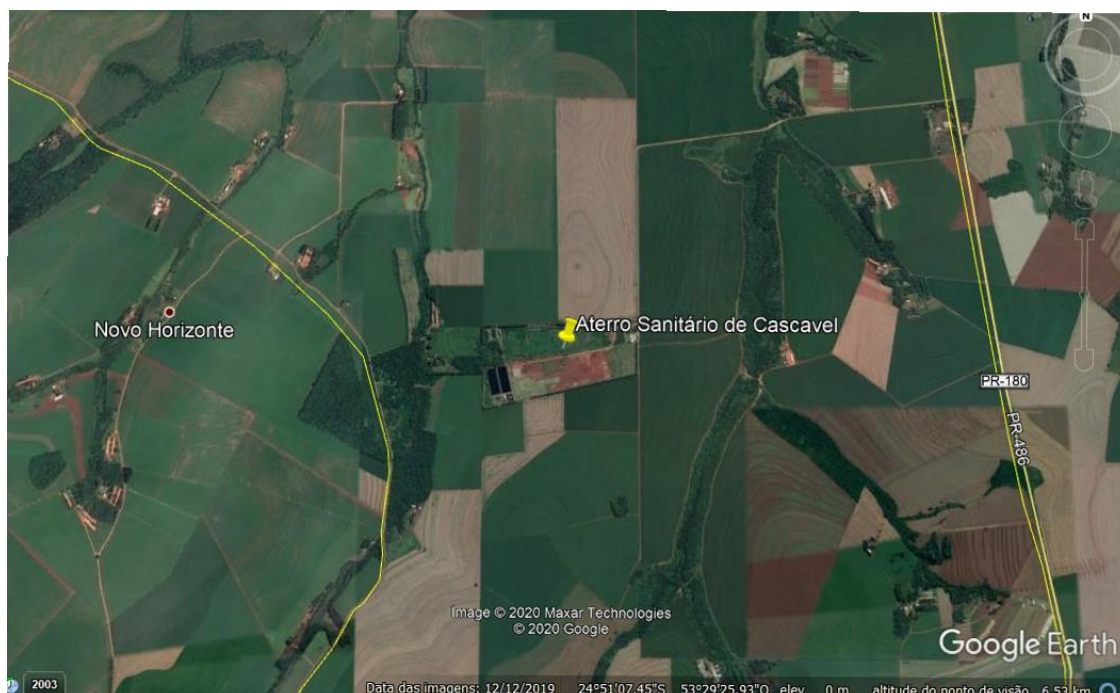
Este estudo de caso evidenciou a quantidade de 670.000 tCO₂e/ano de dióxido de carbono equivalente evitados. Em termos de CO₂ na geração de energia no setor elétrico brasileiro, o aterro contribui com 73 GWh/ano, ou seja, uma economia de 6.424 tCO₂/ano. Além disso, apresentou a relação de 2,02 kWh/m³ de CH₄, índice superior aos 1,50 kWh/m³ utilizado para fins de estimativa de potencial no item 5.4 da tese; e melhor que a relação de 1,824 kWh/m³ de metano convertido no estudo americano (THEMELIS; ULLOA, 2007). Isso significa que o tipo de material disposto no aterro tem uma produção de metano maior do que estimado em referências anteriores.

5.8.2 Aterro Sanitário de Cascavel

O Aterro Sanitário de Cascavel é operado pela Prefeitura Municipal de Cascavel. A execução dos serviços de varrição, coleta de resíduos, operação do aterro sanitário e fornecimento de equipe e equipamento para serviços de poda, capina e outras atividades de limpeza urbana são feitos por empresa terceirizada contratada pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente, que acompanha e fiscaliza a execução dos serviços contratados.

O aterro é denominado de Aterro Sanitário Municipal de Cascavel e está localizado no Lote 052 - imóvel Espigão Azul - Área Rural, Cascavel / PR, CEP 85800-000, conforme ilustra a FIGURA 21.

FIGURA 21 - LOCALIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DE CASCAVEL



FONTE: Google Maps (2020).

Os dados referentes ao estudo de caso foram enviados via e-mail na data de 19/06/2020. Além disso, foram disponibilizadas algumas fotos e o Plano Municipal de Coleta Seletiva.

Foram disponibilizadas imagens, também, de células em fase final de operação, de nova célula em construção, do sistema de tratamento de gás e do sistema de tratamento de chorume, conforme FIGURA 22.

FIGURA 22 - IMAGENS DO CONTROLE DO ATERRO SANITÁRIO DE CASCAVEL



Célula em fase final de operação



Nova célula em construção



Sistema de tratamentos de gás



Sistema de tratamento de chorume

FONTE: Plano Municipal de Coleta Seletiva (2014).

Na FIGURA 23, está a imagem de como é construída a impermeabilização da base.

FIGURA 23 - IMPERMEABILIZAÇÃO DE BASE DO ATERRO SANITÁRIO DE CASCAVEL



FONTE: Prefeitura Municipal de Cascavel (2020).

E na FIGURA 24, o sistema de geração de energia elétrica.

FIGURA 24 - SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DO ATERRO SANITÁRIO DE CASCVEL



FONTE: Prefeitura Municipal de Cascavel (2020).

Os dados do aterro sanitário foram levantados por meio de um questionário que foi aplicado no dia da visita, conforme Anexo 2. O resumo do questionário está apresentado na TABELA 26.

TABELA 26 - RESUMO DO QUESTIONÁRIO APLICADO NO ATERRO SANITÁRIO DE CASCVEL

A) NOME E LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	
1) Nome do Empreendimento	Aterro Sanitário Municipal
2) Responsável	Prefeitura Municipal de Cascavel
3) CNPJ	76.208.867/0001-07
4) Endereço	Lote 052 - imóvel Espigão Azul - Área Rural
5) Cidade / CEP	Cascavel / PR – 83800-000
6) Nome de quem respondeu a pesquisa	Elmo Rowe Junior
7) Cargo	Engenheiro Químico
B) DADOS DO ATERRO SANITÁRIO	
8) Início da operação	Julho / 1995
9) Início do aproveitamento energético	Junho / 2008
10) Toneladas por dia de RSU	250
11) Toneladas por ano de RSU	90.000

12) Tipos de Resíduos	RSU Classe 2A
13) Área do Aterro Sanitário	50 ha
14) Área de captação de biogás	1,5 ha

C) TECNOLOGIAS DE CAPTAÇÃO DO BIOGÁS

15) Quantidade de poços	20
16) Nº. de linhas principais	3 linhas
17) Nº. de motores de sucção	Não possui
18) Sistema de pré-tratamento	Desumidificação
19) Sistema de <i>Flare</i>	Não possui
20) m ³ /h de metano	100 m ³ /h média
21) m ³ /ano de metano	876.000
22) Relação média m ³ de biogás por tonelada de RSU	Não informado
22) Poder calorífico médio do biogás kcal/m ³	Não informado

D) TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

23) Característica do(s) Gerador(es)	MWM - Gerador MGG120.60
24) Q. De geradores	4 (de 12 possíveis)
25) Vazão de gás m ³ /h	27,8 m ³ /h (nominal) cada Média de 100 m ³ /h total
26) Potência kW	96kVA / 77 kW cada (nominal)
27) Eficiência	Não informado
28) Energia gerada MWh/dia	7,39 (77 kWh x 4 x 24 h) nominal, mas em média 6,5 MWh / dia) – Média 270 kWh
29) Energia gerada GWh/ano	2,69 GWh / ano de estimativa de projeto, mas 2,37 GWh/ano de média devido às paradas

E) REDUÇÃO DE EMISSÕES

30) Qual a redução anual emissões gerais?	16.000 tCO ₂ e (estimado)
31) O empreendimento participa de algum projeto MDL?	Não
32) Qual a metodologia MDL utilizada?	Não informado
33) Qual a RDE – Redução Certificada de Carbono/ano (tCO ₂ e)?	Não informado

34) Qual a RDE desde o início da operação (tCO ₂ e)?	Não informado
---	---------------

F) DADOS ECONÔMICO-FINANCEIROS

35) Qual o investimento no empreendimento?	R\$ 1.500.000,00
36) Houve financiamento? Qual?	Não
37) Há incentivos fiscais? Quais?	Não
38) Qual o faturamento anual do empreendimento?	R\$ 800.000,00
39) Qual o tempo de retorno do investimento previsto?	2 anos
40) Existe faturamento com venda de créditos de carbono? Quanto?	Não

G) DADOS SÓCIO-AMBIENTAIS

41) Quantos postos de trabalho foram gerados com o projeto?	02 Diretos
42) Qual a distância de comunidade/habitações circunvizinhas ao aterro?	5 km
43) Quais as ações desenvolvidas para inclusão social dos catadores?	Sim. Cooperativas.
44) Existem nascentes próximas ao aterro?	Sim. 1 km.
45) Há presença de rios próximos ao aterro?	Sim. 1 km.
46) Há monitoramento da água subterrânea? Como?	Sim. 11 poços de monitoramento.
47) Qual o tratamento dado ao chorume gerado pela decomposição biológica do resíduo?	Lagos de estabilização e recirculação.
48) Qual o volume médio diário de chorume gerado?	10 m ³ /h
49) Existe algum programa de educação ambiental destinados às comunidades?	Não informado
50) Existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?	Não
51) São pagos <i>royalties</i> pela exploração dos RSU?	Não

H) OBSERVAÇÕES

- Todo resíduo que chega ao aterro passa por um processo de pesagem e identificação do tipo.
- Existe a triagem do resíduo reciclável.
- A maior parte dos gases gerados no aterro ainda está sendo queimada sem aproveitamento.
- Existe monitoramento das águas subterrâneas.

FONTE: Autor – Tabulação própria (2020).

Este estudo de caso evidenciou a quantidade de 16.000 tCO₂e/ano de dióxido de carbono equivalente evitados. Em termos de CO₂ na geração de energia no setor

elétrico brasileiro, o aterro contribui com 2,37 GWh/ano, ou seja, uma economia de 6.424 tCO₂/ano. Além disso, apresentou a relação de 2,70 kWh/m³ de CH₄, índice superior aos 1,50 kWh/m³ utilizados para fins de estimativa de potencial no item 5.4 da tese; e, também, melhor que relação de 1,824 kWh/m³ de metano convertido no estudo americano (THEMELIS; ULLOA, 2007). Isso significa que o tipo de material disposto no aterro tem uma produção de metano maior do que estimado em referências anteriores e, ainda, superior, também, aos 2,02 kWh/m³ observados no aterro sanitário de Fazenda Rio Grande.

Assim, sendo o CH₄ e o CO₂ os gases antropogênicos de efeito estufa (GEE) mais importantes, e com o potencial de aquecimento global do CH₄ de 20 a 28 vezes quando comparado ao CO₂ em 100 anos (IPCC, 2007, 2013), confirma-se que o aproveitamento energético dos RSU no Paraná contribui nos processos de mitigação de GEE.

5.9 ENTREVISTAS

Após a coleta de dados dos estudos de caso e das entrevistas, iniciaram-se os procedimentos analíticos dos dados quantitativos e o cruzamento desses com os dados qualitativos; estes últimos foram analisados por meio da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011), para posterior discussão e elaboração de síntese analítica.

Uma vez estabelecidas as categorias, identificaram-se as relações entre elas e o surgimento de uma interpretação do pesquisador com base nas inferências possíveis, possibilitando a construção de um metatexto, que comunica e valida esse novo conteúdo que emerge. As seis categorias de análise estabelecidas – legislação, aspectos econômico-financeiros, estrutura e gestão, aspectos políticos, aspectos tecnológicos e aspectos culturais – foram pontos específicos salientados, de forma espontânea, durante as entrevistas com os informantes qualificados. Dessa forma, a interpretação do autor sedimentou a análise, por meio de inferências, a partir da confrontação das entrevistas com os dados primários e secundários levantados, identificando seus paralelos, conflitos e limites.

Neste item do trabalho, interpretar os dados e informações obtidos por meio das entrevistas busca responder o objetivo específico: avaliar o entendimento de agentes institucionais a respeito da gestão dos resíduos sólidos urbanos e sua articulação com as políticas públicas para o aproveitamento energético.

Em relação à Categoria 1 (Legislação), 11 dos 13 entrevistados entendem que a PNRS foi um avanço importante para o Brasil, em termos de legislação. Mas, muitos ressaltam a não aplicação prática da política, bem como a falta de fiscalização em sua aplicação:

E2.1: “[...] Não em termos de ação ou práticos. Não há separação adequada dos resíduos. Muitos dos resíduos que poderiam ser reaproveitados estão indo para os aterros.”

E3.1: “[...] Traz avanços. Deveria ter vindo junto, uma série de medidas e recursos para colocá-la em prática.”

E5.1: “[...] É um importante instrumento gestão de resíduos no país. Entretanto é muito pouco aplicada.”

E6.2: “[...] Falta de fiscalização por parte dos órgãos ambientais estaduais.”

Essas respostas indicam aquilo que ocorre com diversas legislações ambientais brasileiras. São textos bem escritos, em consonância com as legislações mais modernas do mundo na área. Mas que, na prática, não são aplicados pelos diversos entes da federação; e nem mesmo fiscalizados pelas instituições responsáveis. Isso fica comprovado quando se observa a quantidade de locais inadequados para a disposição dos resíduos sólidos urbanos apresentados nos itens 5.1 e 5.2 deste trabalho, com aproximadamente 40% dos resíduos colocados em lixões ou aterros controlados. A situação já era ruim antes da PNRS (2010) e evolui pouco após dez anos de sua publicação.

Cem por cento dos entrevistados acreditavam (nas datas das entrevistas) que o Brasil e especificamente o Paraná não atingiriam o compromisso voluntário de redução do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020, estabelecido na PNMC (o que se confirmou na prática):

E3.5: “[...] Na verdade essa PNMC não é uma política, quando estabelece uma meta que já se sabia que não seria cumprida. E as emissões só aumentaram, de lá para cá. “Não em termos de ação ou práticos.”

E8.5: “[...] Ainda faltam incentivos e uma política ambiental mais clara por parte do governo federal. Somente agora, com a pressão externa, nosso governo entendeu que precisa discutir e implementar uma política ambiental comprometida com os valores da sustentabilidade, abandonando o discurso ultrapassado de antagonismo entre desenvolvimento e meio ambiente.”

E9.5: “[...] A PNMC é antiga, acredito que deva se revisada, principalmente quanto às metas, pois temos um outro panorama e também outros compromissos que surgiram com o Acordo de Paris.”

E10.5: “[...] A meta da PNMC parece fora de alcance, não tem nem sequer os instrumentos para seu cumprimento. O Brasil entra no ciclo da NDC com emissões em alta, sem que o governo tenha apresentado um plano para sua implementação e sem as estruturas de governança responsáveis pelo seu cumprimento. Em junho, o Climate Action Tracker declarou que a política ambiental do governo Bolsonaro está “na contramão da necessidade urgente de ação climática no Brasil”.

E3.6: “[...] No Paraná há um esforço, mas nada significativo. O Programa Selo Verde implantado pela Sedest (antiga Sema) é interessante, mas quem cumpre são os empresários; e não ganham nenhum benefício ou incentivo.”

E4.6: “[...] Existe uma política estadual de mudanças climáticas, mas não tem plano estadual ainda. O governo está estruturando um plano chamado Paraná Clima ... uma das ações do programa é também refazer o inventário de gases de efeito estufa. A gente tem só um inventário de gases de efeito estufa aqui no Paraná de 2013.”

O item 5.3 desta tese apresenta dados crescentes de emissão de GEE gerais e no setor de resíduos sólidos ao longo de décadas. O fato é que não foi dada continuidade a esta política, com a criação de planos estaduais e outros instrumentos. Os principais motivos citados foram a falta de incentivos financeiros, falta de motivação para o assunto (aquilo que não é visto não é lembrado), o fato de a PNMC ser antiga, de não terem sido criados os instrumentos para colocá-la em prática e a falta de estabelecimento das responsabilidades. No Paraná, existe uma Política Estadual de Mudanças Climáticas, mas não há um plano estadual para colocá-la em prática.

Apenas 3 dos 13 entrevistados conhecem algum programa de incentivos e de fomento para aproveitamento do biogás de RSU para municípios e para a iniciativa privada. Os que conhecem citaram o programa Renovabio como o mais adequado para o assunto. O governo do estado do Paraná entende que a questão de escala é importante para dar sustentação financeira aos projetos e apoia a formação de consórcios localizados em cidades maiores (denominadas de polos), como Curitiba, Ponta Grossa, Londrina, Maringá, Guarapuava, Cascavel e Foz do Iguaçu. Também foram citadas outras iniciativas:

E1.13: “[...] Sim, além do programa nacional conhecido por Renovabio, o Paraná aprovou uma Política Estadual do Biogás e Metano que instituiu incentivos para aproveitamento energético de dejetos e resíduos da agropecuária, pelos produtores rurais, que podem converter esses potenciais (muitas vezes passivos ambientais) em energia elétrica comercializável. Também há linhas de financiamento de bancos de fomento, como o BRDE”.

E4.13: “[...] O governo do Estado entende que os projetos de transformação térmica vão se viabilizar nos municípios maiores. Nos municípios polos ou por meio de consorciamento, isto é, onde há a escala, pois se torna atrativo para iniciativa privada. Neste caso não precisaria de estímulo financeiro. O que o Estado precisa fazer é ajustar e apoiar a construção dos consórcios regionais. Por outro lado, nós estamos com programas para ajudar os municípios menores.

No item 5.5, estão amplamente descritos os programas de incentivo possíveis de aplicação em energias renováveis que podem ser utilizados no aproveitamento energéticos dos RSU. O Renovabio foi citado como o mais bem elaborado, em que o produtor precisa qualificar todas as suas emissões de GEE para obter créditos de debêntures para comercialização (CBIOs). Entretanto, observa-se outra dificuldade brasileira, a burocracia, com exigências muitas vezes difíceis de serem contempladas pelos municípios e/ou empreendedores. Do ponto de vista do estado do Paraná, como citado anteriormente, a quantidade de programas é reduzida sensivelmente quando em comparação com incentivos nacionais, ou seja, os incentivos ficam basicamente ancorados nos programas federais.

Dentre os entrevistados, 4 deles conhecem os Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL) para precificação de carbono. E estes entendem que o MDL não é, no momento, a melhor iniciativa, principalmente por estar atrelado ao andamento da economia mundial:

E4.14: “[...] O MDL já foi muito mais atrativo no passado porque ele está muito atrelado à economia. Os projetos de MDL estão bem quando a economia está bem, porque a economia acaba vindo em primeiro plano. Mas haverá um momento em que isso vai se fortalecer, porque com o acordo de Paris e passando essa loucura que é esse evento pandêmico, eu creio que vai haver uma retomada e a economia vai se fortalecendo.”

E7.14: “[...] Os créditos de carbono não são o melhor mecanismo. Sugiro estudar o Renovabio, Irec Brasil e *green bonds* certificados pela Climate Bonds Initiative – CBI. São mecanismos que detêm maior alavancagem e resultados com energias renováveis.”

Conforme descrito no item 4.4, o MDL é um dos mecanismos de flexibilização criados pelo Protocolo de Kyoto para auxiliar o processo de redução de emissões GEE e tem objetivo de tornar as metas do protocolo mais acessíveis, gerando *commodities* a serem utilizadas no mercado internacional de emissões de carbono. Todavia, conforme as TABELAS 21 e 22 do item 5.6.4, verifica-se que os valores vêm caindo ano após o ano desde 2005, com recuperação em 2018 e 2019.

Percebe-se, então, que esse ativo está fortemente atrelado à economia mundial, e, assim, em alguns momentos se torna interessante e em outros não. Como esses projetos são de longo prazo, há necessidade de maior segurança para utilização desse tipo de receita, e o MDL acaba não se viabilizando.

As entrevistas também revelaram uma disputa de pensamento quanto ao caráter de inclusão social da PNRS, principalmente com relação aos catadores. Alguns consideram que isso é uma evolução, enquanto outros consideram um retrocesso:

E2.17: “[...] Nós temos praticamente uma associação de catadores em cada município do Estado do Paraná. Onde não tem catadores, ou que tem 1, 2 ou 3 pelo tamanho do município, normalmente é um catador para cada mil habitantes, dá para se trabalhar com essa média, incentivamos que trabalhassem em cooperativa. Se “associassem”, mandassem seus resíduos para cidades maiores, vendessem em conjunto e pudessem melhorar a sua renda. Embora sabendo que só isso não resolve o problema dos catadores.

E2.15: “[...] E ainda tem que colocar nesta discussão o envolvimento com as associações de catadores, porque fazem a reciclagem, têm que receber por pagamento por isso... um plano de gerenciamento de resíduos sólidos discutido com a comunidade, com a participação dos catadores.”

E7.1: “[...] A PNRS possui um viés social e pró-catadores, não tendo dando a necessária ênfase para que se construísse um marco legal de incentivo à reciclagem mecanizada, biodigestão anaeróbia e tratamento térmico de RSU.”

Este realmente é um dos temas mais controversos da pesquisa, porque se, de um lado, nenhum ser humano deveria ganhar seu sustento “catando lixo”, de outro, a realidade brasileira muitas vezes impõe essa condição. A legislação atendeu esse setor regularizando as associações de catadores. Hoje, existem muitas delas espalhadas no Brasil, não sendo diferente no Paraná. Segundo dados do governo do Paraná, existem 38 associações e cooperativas de catadores em Curitiba e Região Metropolitana (PARANÁ, 2019). É o chamado “viés social” atribuído por alguns entrevistados. De outro lado, ao que parece, a legislação atual não tem solucionado a questão da coleta informal de resíduos nas cidades, tendo em vista que apenas em torno de 40% dos resíduos passíveis de reciclagem têm esse tratamento. Então, um tipo de política mais eficiente é defendido por 3 dos 13 entrevistados, criando essa disputa. Esses entrevistados estão, de alguma forma, envolvidos com organizações formadas para criar as condições favoráveis de

mercado aos empreendedores e firmar parcerias nacionais e internacionais para a aplicação de outras tecnologias de tratamento dos resíduos sólidos.

Por fim, 100% dos entrevistados desconhecem a existência de algum tipo de investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno aos aterros sanitários:

E2.16: “[...] Não conheço experiência de investimento para as comunidades do entorno. O consórcio é uma forma de criar um grande problema. Você tira de um lugar, coloca tudo num só, concentra o problema, aumenta os custos e é isso que se quer. Nós temos trabalhado com a ideia de que cada município administre o seu aterro, porque ele é pequeno, fácil de administrar, mas com uma lógica, cumprindo a política compostagem, reciclagem e participação dos catadores”.

E4.16: “[...] Essa é uma pergunta mais em nível de município porque a responsabilidade por essa gestão é do município. Ele faz a gestão bairro a bairro, comunidade a comunidade. E aí a municipalidade é que tem que fazer programas para a gestão do entorno do aterro sanitário. Mas obviamente são áreas mais carentes; mesmo quando desapropriadas, elas acabam sendo áreas de invasão. É muito difícil, o país enfrenta muitas dificuldades financeiras, dificuldade no setor habitacional também existe.”

Normalmente, os aterros sanitários estão localizados em áreas distantes dos centros urbanos, e seu entorno é ocupado por uma população de baixa renda. Em outras situações piores, os moradores retiram seu sustento frequentando os lixões. São locais sem saneamento adequado, e ainda sem coleta de lixo. Embora não seja a situação dos dois aterros visitados, a pergunta sobre investimentos na comunidade de entorno dos aterros, prevista pela política pública da área, foi incluída nas entrevistas no sentido de entender se os responsáveis pelos empreendimentos (prefeitura ou privados) possuem algum tipo de projeto de apoio financeiro para esses locais. E as respostas foram de desconhecimento, ou seja, não há essa preocupação por parte do empreendedor. A responsabilidade fica para o município de forma geral, que prefere normalmente fazer melhorias em regiões de maior visibilidade.

Quanto à Categoria 2 (Aspectos Econômico-Financeiros), 6 dos 13 entrevistados citaram a falta de uma cobrança pelos serviços de coleta e tratamento dos RSU, ou a falta de recursos financeiros dos municípios, como um dos principais fatores para o não cumprimento da PNR:

E4.2: “[...] A maioria dos Municípios não cobra pelos serviços ou cobra parcialmente. E quando cobra, em geral, cobra junto com o IPTU, o que gera uma grande inadimplência entre 30% e 40%, em média, nos municípios do Paraná”.

E7.2: “[...] Na atual Taxa de Limpeza Pública (TLP)”.

E9.2: “[...] Falta de recursos financeiros e humanos para fazer a gestão dos resíduos sólidos.”

Essa foi uma constatação importante da pesquisa: o fato de que, na maioria das cidades do Paraná, não há cobrança pelo serviço de coleta de lixo, principalmente nos municípios menores. Em outros, existe uma taxa de limpeza pública cobrada uma vez por ano no IPTU, que historicamente apresenta inadimplência alta. Em ambos os casos, a falta de recursos inviabiliza a estruturação do serviço ou tira recursos de outros setores (caixa geral) para financiar esse sistema, o que normalmente se torna um ciclo vicioso: o serviço é ruim e, portanto, não é cobrado, e isso faz com que o serviço se torne pior.

Alguns entrevistados citaram a falta de escala, ou seja, o fato de a maioria dos municípios serem pequenos e não gerarem RSU suficiente para a implantação de um tratamento adequado:

E4.2: “[...] O fato é que mais de 93% dos municípios do Paraná têm menos de 50 mil habitantes. A falta de escala dificulta colocar tecnologias de melhor performance.”

E7.10: “[...] O aproveitamento energético dos resíduos depende principalmente da sua viabilidade financeira. Enquanto seguirmos com grande número de aterros de pequeno porte, dificilmente conseguiremos atingir as metas de recuperação energética”.

Esse é um tema um tanto controverso porque, a rigor, coleta e destinação adequada não dependem de escala - quanto menor a cidade, menor a estrutura necessária. Todavia, o tratamento dos RSU, sim. Algumas técnicas são muito baratas, como a compostagem. Já tratamentos térmicos necessitam de volumes maiores, embora, com a evolução das tecnologias, já existam exemplos internacionais de pequeno porte, como citado no item 5.7. Arranjos técnico-econômicos podem ser estudados para as melhores soluções.

Por fim, um entrevistado citou o pacto federativo, ou seja, a distribuição de competências entre federação, estados e municípios, como a principal causa do não atendimento da PNRS:

E1.3: “[...] A fragilidade do modelo brasileiro está na distribuição das competências para executar a PNRS, que recai integralmente sobre o

Município. Não tem arrecadação tributária suficiente para prestar todos os serviços públicos relevantes. Municípios mal criados, isto é, instituídos por iniciativa de Assembleias Legislativas Estaduais sem estudo criterioso de viabilidade financeira e econômica”.

Nesse ponto, a legislação atribuiu uma enorme responsabilidade aos municípios, deixando os estados com o papel de integradores das políticas e dos planos. Contudo, pelos motivos citados acima, muitos municípios se deparam com o fato de não haver condições financeiras de executar a tarefa. Com certeza, uma revisão da política para incluir os estados e o governo federal nessa responsabilidade é necessária.

Em relação à Categoria 3 (Estrutura e Gestão), que trata especificamente da estrutura organizacional das prefeituras, 5 dos 13 entrevistados responderam que falta corpo técnico e administrativo para tratar o assunto RSU:

E4.3: “[...] A dificuldade de estrutura dos municípios: financeira e técnica (equipe e equipamentos dedicados).”

E5.3: “[...] Falta de estrutura administrativa em nível municipal.”

E2.15: “[...] Entendo que deveria ter um profissional habilitado no município para tratar da questão dos resíduos sólidos. Funcionário efetivo e concursado. Que fosse um técnico formado para esse tipo de discussão, porque, senão, as coisas não avançam no município. Quando não se tem um técnico especializado, não tem alguém que determine uma política, não tem o plano de gerenciamento de resíduos sólidos discutido com a comunidade, com a participação dos catadores.”

E6.2: “[...] Por questões financeiras, técnicas... O Município carece de recursos financeiros e conhecimento técnico para buscar melhores soluções.”

E9.2: “[...] Falta de recursos financeiros e humanos para fazer a gestão dos resíduos sólidos.”

Se a coleta, destinação e tratamento adequados ainda são dificuldades de grande parte das cidades brasileiras, a formação de equipes preparadas para desenvolver o planejamento e o gerenciamento não é diferente. As secretarias estão sujeitas a cargos comissionados (não concursados) em muitos municípios e são modificadas conforme os mandatos dos prefeitos, perdendo, assim, a continuidade de políticas, planos e ações. Há necessidade de profissionais habilitados e concursados para cumprir as políticas, elaborar planos de gerenciamento de RSU e fazer a fiscalização.

Ainda, em termos de gestão da logística, assim coloca um dos entrevistados:

E2.4: “[...] É um absurdo total, em Fazenda Rio Grande, você colocar todos os resíduos no mesmo local. Porque, segundo os economistas, para você trabalhar em consórcio, a maior distância seria 30 km. Balsa Nova e outros municípios estão longe, como Rio Branco do Sul e “fazem o passeio do lixo”, levando tudo para um lugar só, quando poderiam ter os aterros nos próprios municípios, cumprindo efetivamente a política e certamente o custo até seria mais baixo.”

Sem dúvida, estudos de economicidade são muito bem-vindos para ajudar a tomada de decisão. Assim como esta tese, no seu item 5.6, apresentou itens de viabilidade econômica para o aproveitamento energético dos RSU, a questão da logística deve ser orientada por uma regra econômica. Transportar RSU a distâncias muito grandes, com certeza, não é a melhor solução, pois o custo do transporte é maior que o tratamento mais próximo do ponto de coleta.

Por fim, quando questionados se existe um plano de integração de experiências entre os municípios, como o treinamento de gestores municipais para essa área específica, 6 dos 13 entrevistados responderam conhecer alguma iniciativa desse tipo. Mas dizem que a dificuldade se encontra justamente nas trocas de mandatos:

E2.15: “[...] No Ministério Público fizemos um treinamento para todos os gestores municipais, incluindo Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria de Educação, Secretaria de Saúde e Secretaria de Agricultura. Treinamento sobre compostagem e reciclagem. Elaboramos cartilhas e disponibilizamos os estudos aos municípios. Depois, fizemos outra rodada treinando um funcionário de cada município, dessas áreas já citadas, para que os funcionários, que fossem efetivos e não só comissionados, também participassem dessa discussão.”

E3.15: “[...] Sim, havia uma troca de informações técnicas por meio de palestras com o Grupo Técnico formado pelos representantes dos 20 municípios-polo, quando da regionalização do estado do Paraná para a governança dos resíduos sólidos R20.”

E6.15: “[...] Participei da elaboração do Plano Estadual de Resíduos Sólidos, que possuía diversas metas neste sentido. Atualmente, o R20 é a única iniciativa que agrega os técnicos dos municípios responsáveis pela gestão de resíduos sólidos, buscando capacitação conjunta para novas soluções para o setor.”

E13.15: “[...] Temos o grupo R20, que ainda que seja apoiado e até conduzido pelo governo estadual, não tem recursos financeiros empenhados, nem políticas bem definidas. O suporte aos municípios deveria ser com ações muito importantes da Sedest, conforme previsto no PERS”.

A coordenação do plano estadual de resíduos sólidos, o treinamento aos municípios, a troca de informações para melhores práticas, entre outros, devem ser responsabilidades do governo estadual, conforme estabelece a PNRS. E infelizmente, nesse ponto, os municípios estão sujeitos às trocas de gestões, com o agravante de que eleições estaduais e municipais são intercaladas. Enfim, também esse grupo chamado R20, no Paraná, deveria ser permanente para dar continuidade no avanço das soluções.

Em relação à Categoria 4 (Aspectos políticos), 7 dos 13 entrevistados responderam que, além dos fatores já citados, falta vontade política para enfrentar o desafio do tratamento dos RSU:

E1.2: “[...] Falta de vontade política e falta de educação ambiental”.

E3.2: “[...] O despreparo dos nossos administradores públicos, a falta de investimento, incentivos e, principalmente, de vontade política.”.

E8.2: “[...] Os constantes adiamentos, dilações de prazo acabam por acomodar os gestores.”

E9.2: “[...] Falta de prioridade na gestão municipal. Não há responsabilização pelo não atendimento à PNRS.”

E10.2: “[...] Falta de prioridade no assunto. Prorrogações constantes nos prazos. Falta de metas.”

E3.3: “[...] Não querem resolver os problemas. Hoje, temos tecnologia, recursos, porém faltam incentivos e vontade. Falta responsabilização do administrador público.”

E11.3: “[...] Falta postura ... falta política pública.”

Pela sua subjetividade, esse é um tema que não fica evidente no levantamento de dados ou na pesquisa de campo. Se de um lado faltam recursos para o correto gerenciamento dos RSU, de outro fica claro pelas respostas dos entrevistados, atores importantes nesse cenário, que a vontade política em resolver o problema faz toda a diferença. Novamente, como o RSU tem sua disposição final em áreas distantes dos centros urbanos, fica mais invisibilizado do que setores como saúde, educação, infraestrutura viária e outros. A contaminação do ar, do solo e das águas não aparece facilmente no entorno dos aterros e lixões, assim, o assunto vai sendo relegado para um dos últimos planos, quando não é esquecido definitivamente.

Emergiu, também, em algumas respostas, a questão dos interesses financeiros dos políticos e empresas que administram os RSU:

E1.4: “[...] As empresas que coletam, transportam e depositam nos aterros sanitários são remuneradas por peso (por tonelada), não é de se esperar que tenham algum interesse em colaborar na redução do volume e reciclagem.”

E2.2: “[...] A questão dos resíduos está voltada a uma licitação, que os municípios fazem, a um preço que já é estipulado pelo mercado.”

E11.3: “[...] O lixo é fonte de corrupção, financia candidatos.”

E13.3: “[...] Grandes interesses comerciais na área de resíduos sólidos.”

Da mesma forma que as respostas anteriores, há um componente de subjetividade nas respostas dos entrevistados sobre o papel das empresas contratadas no processo. Entretanto, fica evidente que o modelo de contrato para com as empresas de transporte de RSU precisa ser revisto. Ou, ao menos, tentar um melhor equilíbrio, pois remunerar por peso faz com que não haja interesse de diminuir quantidades de resíduos. Quanto ao componente de “corrupção” citado pelo entrevistado nº 11, não há como ser comprovado por este trabalho, nem é seu objetivo. Apenas destaca-se a citação para que a questão possa ser investigada por quem tem essa responsabilidade.

Por fim, surgiram respostas em que novas formas de tratamento do RSU que estão sendo utilizadas são adotadas mais pela rentabilidade do negócio do que propriamente pela solução do problema:

E2.11 “[...] A Sanepar quer entrar num modelo de gerenciamento de resíduos sólidos... eu acho que a Sanepar, se ela cuidar da água, ela já faz muito. Agora, entrar na de resíduos, também, me parece que é mais um filão econômico do que, efetivamente, usar uma boa política.”

E3.11 “[...] A experiência da CS Bioenergia é um sucesso. Desconheço a questão financeira, mas tecnicamente está operando com a recepção de aproximadamente 160 toneladas/dia de resíduos orgânicos e gerando em torno e 2,4 MW.”

E6.11 “[...] Na CS Bioenergia há pouco resíduo sólido urbano sendo destinado ao local, que acaba recebendo em sua maioria o lodo das ETES da SANEPAR. Mais uma vez, o que conta é a viabilidade financeira.”

E8.11 “[...] Precisamos melhorar a visão de empresas públicas para serem mais ousadas em projetos de parcerias com a iniciativa privada, avançando em mercados disponíveis.”

Sem dúvida, as empresas privadas já entenderam que os RSU são um recurso valioso, como aponta a tese no seu item 5.7. A despeito da aplicação de novas tecnologias, que por si só já é interessante, nada disso estaria sendo feito se não houvesse lucratividade e rentabilidade no final do processo. Portanto os conceitos da Economia Circular são validados neste ponto. Falta o poder público entender isso, promover projetos e parcerias possíveis e melhorar a qualidade do gerenciamento dos resíduos.

Em relação à Categoria 5 (Aspectos Tecnológicos), apresentou-se a falta de visão para a gestão integrada do RSU, ou seja, a utilização de várias tecnologias disponíveis para um melhor tratamento:

E7.1 “[...] A recuperação energética deveria constar como elemento obrigatório do plano municipal de gestão integrada de resíduos. A prioridade é prevenir e reduzir, preparar para a reutilização, reciclar, utilizar outros tipos de valorização, como a compostagem, a recuperação energética e a eliminação, sendo que os aterros devem ser evitados ao máximo.”

E1.4 “[...] O mais importante é o aproveitamento que deve ser feito do biogás acumulado no aterro ... uma parte significativa de resíduos dispostos nos aterros atuais são perfeitamente recicláveis, reutilizáveis, ou deveriam ser objeto de logística reversa. Falta visão de cadeia produtiva e de cadeia de geração de resíduos.”

E10.4 “[...] Pela PNRS deveriam receber só os rejeitos, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, [que] não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada, infelizmente não é isso que acontece.”

E4.4 “[...] É proibitivo enterrar duas toneladas de lixo por dia. Enterrar resíduos é sempre a solução mais barata, mas é proibitivo, do ponto de vista ambiental. Do outro lado tem o passivo que vai ficar lá, ainda daquele jeito. Alguma coisa pode ser feita com aquele gás. Mesmo que parasse 100% hoje, tem 20 anos de gás que vai vazar lá. Tem várias coisas que podem ser feitas, até um aproveitamento melhor do gás.”

Como disse o entrevistado nº10 citando a PNRS, os aterros sanitários devem receber apenas os “rejeitos” depois de esgotadas as possibilidades de tratamento e recuperação dos resíduos. Isso implica a utilização de tecnologias as mais diversas possíveis e economicamente viáveis. Elas existem, estão sendo aplicadas em diversas partes do mundo e em várias escalas. O aterro sanitário é ainda a solução mais barata, mas não a melhor do ponto de vista ambiental. De qualquer forma, para o material já disposto nos aterros, é necessário promover o aproveitamento

energético do biogás para mitigar os efeitos dos GEE que são gerados nesse tipo de instalação.

Ainda, percebe-se a “preferência” de uma tecnologia em detrimento de outras, e, de certa forma, se apresenta uma disputa no discurso:

E2.7 “[...]Prefiro mais a compostagem porque não produz chorume, etc. A compostagem controlada é mais interessante do que o aproveitamento do gás metano em aterro. Mas essa é uma discussão técnica e tem que se fazer até para ver qual é o melhor encaminhamento. Entendo que simplesmente jogar os rejeitos lá para fazer captação de gás não é o cumprimento da política.”

E4.10 “[...] Inclusive já tem alguns processos de inceneração e gaseificação. Também já tem alguma coisa em Santa Catarina, alguns pilotos. É um exemplo a ser seguido. Eu acredito muito na gaseificação de resíduos sólidos. A pirólise eu acho mais difícil, mas gaseificação, acho que fazendo alguns ajustes no processo tem um grande potencial, principalmente por que viabiliza escalas menores.”

E4.17 “[...] E a falta dessa percepção acaba prejudicando os entendimentos. Como, por exemplo, as exigências muitas das promotorias de meio ambiente de que tem que ter compostagem. Muitas vezes, nas regiões já tem resíduo orgânico “a rodo”, quer seja resíduos de aves, resíduos de suínos, resíduos de bovinos, às vezes de caprinos, de equinos. Tem o lodo de esgoto da Sanepar sendo disponibilizados de graça. Mas daí nós vamos ter um composto oriundo de lixo? Será que os agricultores “vão amar”? Como que é isso?”

E7.17 “[...] As usinas WTE são a forma mais adequada e eficaz de destinação ambientalmente adequada do lixo urbano, mediante as rotas tecnológicas de incineração/combustão, gaseificação e pirólise. Para RSU, a tecnologia mais utilizada mundialmente (em mais de 93% das ocasiões) é *mass burning*, especialmente as que usam grelhas móveis. Em termos energéticos, o gás de aterro pode gerar até 65 kWh por tonelada de RSU, ao passo que uma usina WTE gera de 450 kWh a 600 kWh por tonelada, considerando a umidade média de 60% do nosso lixo.”

E4.17 “[...] E, por último, a parte das tecnologias. Eu acho que nós precisamos avançar, precisamos conhecer mais para a gente poder colocar tecnologia de melhor performance. Elas precisam entrar, a energia está cada vez mais cara e nós não podemos ficar só sujeitos às hidrelétricas. A gente está vendo agora, com a crise hídrica no Paraná, o impacto deve vir grande na tarifa para os próximos meses.”

E10.17 “[...] O Biogás, por certo, quando realizado com tecnologia de boa qualidade, é uma boa opção para geração de energia, mitigando os efeitos do metano sobre o aquecimento global, reduzindo os efeitos sobre a poluição hídrica e solos. O ideal mesmo é que num breve tempo tenhamos uma destinação e tratamento de resíduos com padrões de muitas cidades europeias, da não existência de aterros. Que haja prioridade dos governos para o financiamento de pesquisa e desenvolvimento de modelos de energia realmente sustentáveis, limpos e não impactantes.”

Como os entrevistados pertencem a diversos agentes institucionais, ficou evidente a preferência individual por alguns tipos de tratamento e utilização de

tecnologias em vez de outras. Claro, reconhece-se o *background* e as experiências individuais de cada um. Porém, o critério para essa decisão não deveria se pautar pela preferência, pois não há nenhuma justificativa na lei que indique uma ou outra forma. Todas as possibilidades, desde que viáveis, devem estar em pauta. E a que melhor se adapte deve ser escolhida e utilizada.

Um entrevistado citou um tema importante na utilização de novas tecnologias, a do licenciamento prévio para novas tecnologias:

E4.13 “[...] Uma coisa não abordada é a parte do licenciamento. Às vezes da barreira que se tem pelo desconhecimento das tecnologias. Não se pode fechar pelo desconhecimento. Devem-se promover licenças de pré-operação e, se não cumpre os critérios, aí você fecha a porta. Mas tem que incentivar entrada de novas tecnologias e é super importante”.

Nesse sentido, no Brasil, muitas vezes, uma nova tecnologia não é testada porque não se consegue o licenciamento prévio de operação. O órgão responsável pelo licenciamento fica preso na burocracia. Tecnologias novas não estão nos “manuais” para licenciamento, justamente por serem novas. Então, é necessária a flexibilização do licenciamento prévio justamente para incentivar a inovação. Depois de testadas e comprovadas, pode-se liberar o licenciamento definitivo.

Finalmente, na Categoria 6 (Aspectos Culturais), 5 dos 13 entrevistados citam a falta de cultura, ou de educação ambiental, dos gestores e da população como uma das razões para o não cumprimento adequado da PNRS:

E1.3 “[...] Falta de vontade política e falta de educação ambiental.”

E10.1 “[...] É preciso que os municípios adotem também a Educação Ambiental, como Política Pública.”

E1.4 “[...] Porém pouco avançou o processo de educação ambiental e a efetiva separação dos resíduos (pelo menos em 2 categorias: recicláveis e orgânicos), o que dificulta a reciclagem e outras formas de aproveitamento desse grande montante de resíduos (que se contam aos milhares de toneladas), de tal maneira que uma parte significativa de resíduos dispostos nos aterros atuais são perfeitamente recicláveis, reutilizáveis ou deveriam ser objeto de logística reversa.”

E2.15 “[...] Para concluir em relação a essa pergunta, os municípios não têm vontade política, não têm interesse de fazer. A comunidade não é orientada para isso. Não há programas de Educação Ambiental. A comunidade, também, não exige, ou não sabe exigir porque não é orientada. Então, os administradores fazem aquilo que eles querem.”

E1.17 “[...] pois ainda que seja um problema global, só se resolve a partir de cada casa, de cada família e de cada cidade. Até aqui a solução é de uma

lógica irrefutável. Mas: 1. Falta de educação política, déficit de cidadania; 2. Falta educação para o consumidor; 3. Falta educação tributária para a compreensão do custo e do preço praticado... 5. Falta qualificação para os gestores públicos maiores.”

E11.2 “[...] O Brasil é leniente com as infrações que ocorrem. Falta cultura social para lidar com descartes.”

E13.2 “[...] Falta de capacitação dos prefeitos e técnicos de prefeituras.”

Sem dúvida, a educação ambiental é importantíssima para os gestores e para a população em geral. Tudo começa na residência, na separação adequada dos resíduos e termina no planejamento e execução dos projetos pelos órgãos públicos. A coleta seletiva, a redução, a reutilização e a reciclagem passam pela importância da comunicação adequada à população. Também, a EA deve estar nos planos municipais de resíduos sólidos.

5.10 SÍNTESE ANALÍTICA

Neste item, foi realizado o cruzamento dos diversos procedimentos analíticos e suas interpretações, ou seja, como se relacionam os resultados obtidos das referências teóricas, da pesquisa de dados secundários, dos estudos de caso e das entrevistas. Essa é uma técnica utilizada quando se tem diferentes procedimentos de coleta de dados, com o objetivo de integração e compreensão dos resultados.

Inicialmente, é preciso destacar que as relações entre ambiente / sociedade / energia / RSU / mudança climáticas são temas muito complexos e que convidam a abordagem interdisciplinar. Assim como o assunto resíduos sólidos urbanos e sua disposição em aterros sanitários e/ou lixões é basicamente uma questão urbana. Também, que o Aterro Sanitário foi e é (ainda) uma técnica amplamente utilizada no mundo, por questões econômicas, com vantagens e desvantagens, embora já existam novas formas de disposição e tecnologias de recuperação energética aplicadas em diversos países, como visto no tópico 4.7.

Os processos de mitigação das mudanças climáticas globais requerem amplas mudanças de comportamento e tecnologias no sentido de redução das emissões de GEE das atividades urbanas (BANCO MUNDIAL, 2010). E a geração e o consumo de energia têm papel central nessa discussão (IEA, 2008). Também, o PBMC considera que as alternativas de mitigação estão relacionadas à limitação do

aquecimento global com a redução de GEE. Entre elas, estão descarbonizar o fornecimento de energia elétrica e reduzir as emissões líquidas (PBMC, 2106).

O panorama dos resíduos sólidos no Brasil ainda é, infelizmente, muito preocupante, com 40,5% dos resíduos sendo dispostos em locais inadequados. No Paraná, também, a situação é grave, com 40% dos resíduos sendo despejados em locais impróprios, seguindo o percentual nacional. E, mesmo para a parcela que está sendo colocada em locais adequados, não há controle da emissão de GEE decorrentes da sua decomposição (queima ou aproveitamento energético). Conforme apresentado no Capítulo 4, esses gases têm elevado potencial de aquecimento global.

As emissões brasileiras e paranaenses de GEE no setor de Resíduos Sólidos vem crescendo nas últimas décadas. No Paraná, chegaram a 2.022.258 CO₂e(t) em 2018. Portanto, para além desse aspecto muito negativo, se bem utilizado, há um enorme potencial de transformação de biogás em energia. A questão é avaliar qual a melhor opção ambiental, social e econômica.

O investimento inicial para a implantação de usinas de aproveitamento energético de resíduos sólidos e os custos de operação têm caído ao longo do tempo. A conversão em energia elétrica é um atrativo, principalmente por créditos tributários. E as receitas com crédito de carbono não estão atrativas nesta década, pois o ativo tem perdido valor econômico, por estar sempre atrelado à economia mundial.

Os países desenvolvidos, citados nesta tese, têm regras bastante rígidas em relação aos resíduos sólidos; dessa maneira, incentivam de diversas formas o aproveitamento energético. Mas, principalmente, o assunto é entendido a partir de outra perspectiva conceitual. Para eles, RSU não é “lixo”, mas sim recurso valioso, que deve ser aproveitado. A maioria dos países desenvolvidos trabalha com o conceito de “Economia Circular Ecológica”.

Observando os estudos de caso, tanto no aterro de Fazenda Rio Grande como no de Cascavel, a capacidade de geração de biogás é muito maior do que o número de geradores necessário. Ou seja, a maior parte dos GEE está vazando para a atmosfera ou sendo queimados em *flares* sem aproveitamento energético. Conclui-se que falta investimento necessário para adequar a capacidade de geração elétrica.

Como dado técnico de campo, verificou-se, no Aterro de Fazenda Rio Grande, a relação de 2,02 kWh/m³ de metano. E, no Aterro de Cascavel, observou-se a relação de 2,70 kWh/m³ do mesmo gás. Ambos confirmaram-se melhores que o valor de 1,50 kWh/m³ utilizado no item 5.4 da tese, para estimativa do potencial de inserção anual de geração de biogás e energia elétrica provenientes de resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná. Isso significa que o tipo de material disposto nesses aterros, quando degradados e convertidos em biogás, tem uma produção de metano maior do que a calculada ou verificada em estudos anteriores.

Também, os dados de campo evidenciaram considerável quantidade de dióxido de carbono equivalente evitada. No caso de Fazenda Rio Grande, são aproximadamente 670.000 tCO₂e/ano, ao se levar em conta que estão instaladas 6 turbinas de um total de 21 possíveis. Em Cascavel, os dados revelam 16.000 tCO₂e/ano evitados com 4 turbinas de 12 possíveis.

Em termos de análise da economia de CO₂ na geração de energia no setor elétrico brasileiro, como já citado anteriormente, em 2018, a intensidade de carbono na geração elétrica brasileira foi de 88,0 kg de CO₂/MWh, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2019). Assim sendo, no Aterro de Fazenda Rio Grande são gerados 73 GWh/ano, ou seja, uma economia de 6.424 tCO₂. Já no Aterro de Cascavel são gerados 2,37 GWh / ano, economizando 882,37 tCO₂.

As entrevistas com atores qualificados sobre o processo em estudo trouxeram elementos novos numa discussão de como o problema público dos resíduos sólidos urbanos (em termos ambientais, sociais e tecnológicos) não se operacionaliza, considerando o contexto amplo dos processos de mitigação das mudanças climáticas globais e das suas políticas públicas. Embora as perguntas tenham sido direcionadas para o tema da tese, as respostas foram bastante sustentadas na questão institucional e de gestão do problema.

Ficou evidente, pelas diversas respostas, que a PNRS trouxe avanços importantes quando lançada em 2010, principalmente por tornar o gerador de resíduos responsável por ele até o fim da cadeia logística. Também, a PNRS trouxe um importante viés social com a inclusão dos “catadores de lixo”, mas não se preocupou, na época, em possibilitar tecnologias de recuperação energética mais modernas ou, ao menos, a abertura para elas. Entretanto, em termos práticos de aplicação, regulação e de fiscalização, a política precisa ser revisada e ampliada, pois não resolveu o problema dos RSU, diante do panorama revelado nesta tese.

Da mesma forma, a Política Nacional de Mudanças Climática (PNMC) é antiga (2009), necessita de revisão principalmente quanto às metas, pois existem outros objetivos e também outros compromissos que surgiram com o Acordo de Paris, em 2015. Muitos consideram que a PNMC nem mesmo é de fato uma política pública, quando se mostra fora de alcance e inexistência sequer dos instrumentos para seu cumprimento. Isso se confirma com os dados crescentes de emissões de GEE apresentados na tese.

No Paraná, há um esforço para cumprir a PNMC, mas nada significativo. Existe uma Política Estadual de Mudanças Climáticas, mas não há plano estadual ainda. Também, os dados estaduais revelados confirmam as crescentes emissões de GEE. O governo estadual está estruturando um plano chamado “Programa Sinais da Natureza”, que será composto de dezoito subprogramas, com várias ações, desde adaptação e mitigação, estudos de contingências, entre outros.

Uma grande questão que emergiu da pesquisa e que influencia diretamente na solução do problema, principalmente nos municípios menores, é a falta ou a forma de cobrança pelos serviços de coleta e tratamento dos RSU. Na maioria deles, no Paraná, não há cobrança. Em outros, ela se dá por meio do IPTU, que gera grande inadimplência e inviabiliza o gerenciamento. Em outros casos, a arrecadação do município não permite uma estrutura adequada de coleta, transporte, destinação e tratamento. São priorizadas outras áreas como educação e saúde em detrimento do gerenciamento de RSU. Também, é preciso salientar que a competência para cumprimento da PNRS recai quase integralmente para o município, segundo a PNRS. Aqui, mais uma vez, é necessária a revisão da política para incluir os estados e o governo federal nessa responsabilidade.

Outro aspecto muito importante a ser destacado é a evidência de que faltam estrutura administrativa e corpo técnico específico, nos municípios, para fazer o planejamento, aplicação das tecnologias e a gestão dos RSU. Normalmente, os cargos são designados conforme os mandatos dos prefeitos, e isso faz com que se perca a continuidade. Profissionais habilitados e concursados estariam preparados para cumprir as políticas, elaborar planos de gerenciamento de RSU e tratar com as comunidades envolvidas.

Um dos temas bastante polêmicos é a criação de consórcios intermunicipais para gestão dos RSU. Se de um lado é uma solução para os municípios de menor arrecadação, de outro desincentiva a solução local do problema. Muitas vezes, são

dezenas de quilômetros para transportar os RSU desde a coleta até a destinação final, o que no jargão popular é denominado “passeio do lixo”. Isso é verificado em praticamente todas as regiões do Paraná, porque esse é o modelo utilizado no estado.

Muitos dos atores institucionais entrevistados (E1, E3, E8, E9, E10 e E11) classificam como parte do problema geral a falta de vontade política em resolver o assunto. Como a destinação dos resíduos, muitas vezes irregular, é feita em locais distantes dos centros populacionais, a situação fica em parte invisibilizada. Ou seja, outros problemas que estão mais evidentes, aos olhos da população, têm prioridade, porque afetam a imagem política do governante e sua popularidade.

De outro lado, como decisão política também e não racional, o modelo de remuneração por peso (tonelada) para com as empresas contratadas favorece a disputa pelo recurso. Assim, é de se esperar que, tanto na coleta, quanto no transporte e na destinação final, as empresas não tenham interesse em redução dos volumes. Quanto maior a quantidade de resíduos, maiores são as receitas e conseqüentemente o lucro da operação, sem preocupações com medidas que favoreçam a qualidade socioambiental.

A PNRS orienta que os aterros sanitários deveriam receber apenas os rejeitos para a disposição final ambientalmente adequada, ou seja, depois de utilizadas as possibilidades de tratamento e aproveitamento energético por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis. No caso de Curitiba e região metropolitana, é praticamente uma insanidade, do ponto de vista ambiental, enterrar duas toneladas de resíduos por dia. Além disso, algo precisa ser feito com o passivo ambiental já existente, pois, na prática, os GEE continuarão sendo emitidos para a atmosfera por vinte ou mais anos. Processos de aproveitamento energético deveriam ser implantados e ampliados urgentemente.

Ficou claro pelas respostas das entrevistas que existem preferências e disputas em jogo pelo tratamento dos RSU. O Ministério Público do Paraná orienta para a compostagem daquele material, inclusive elaborou cartilha de orientação para os municípios e criticou outras opções. Já os membros do Governo do Estado têm preferência pelas novas tecnologias já disponíveis em outras partes do mundo, inclusive criticando a compostagem e alegando que não há mercado para o volume enorme de composto a ser gerado.

Fica evidente, também, que é preciso avançar muito nos processos de educação e comunicação ambiental, tanto para os gestores quanto para a população em geral. Parte significativa dos resíduos dispostos nos aterros atuais poderia ser reduzida, reutilizada ou reciclada, antes mesmo de entrarem na logística de coleta, o que dificulta a reciclagem e o aproveitamento na ponta final da cadeia. Ou seja, cada cidadão é importante e faz parte da solução do problema.

É imprescindível que os municípios elaborem seus planos municipais de resíduos sólidos de comum acordo com a Política Estadual de Educação Ambiental, pois são indissociáveis. A coleta seletiva, inclusive com mais tipos de separação, é a base de tudo. Não só para melhorar o trabalho das associações, pois pode gerar mais emprego e renda, mas também para diminuir o impacto ambiental e as mudanças climáticas.

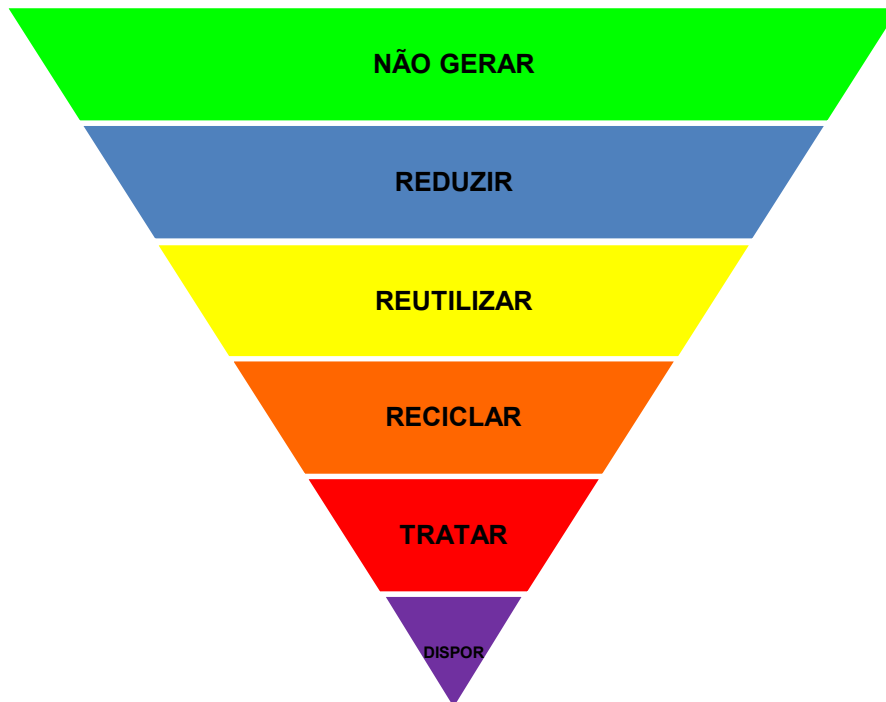
Diante de tudo isso, cabe ressaltar, principalmente pelos resultados obtidos nesta tese, que há a necessidade de uma gestão integral e integrada dos resíduos sólidos urbanos. A PNRS em seu artigo 9º já estabelece:

Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

§ 1º Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental (BRASIL, 2019).

O ponto central dessa normatização já vem do conceito de qualidade total no gerenciamento de resíduos, em que a minimização de resíduos é colocada no topo da hierarquia convencional de gestão, devendo garantir a saúde e segurança humana, além de ser ambiental e economicamente sustentável (WHITE *et al.*, 1999). A FIGURA 25 representa esse conceito.

FIGURA 25 - HIERARQUIA DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS



FONTE: Adaptado de WHITE *et al.* (1999) e da PNRS (2019).

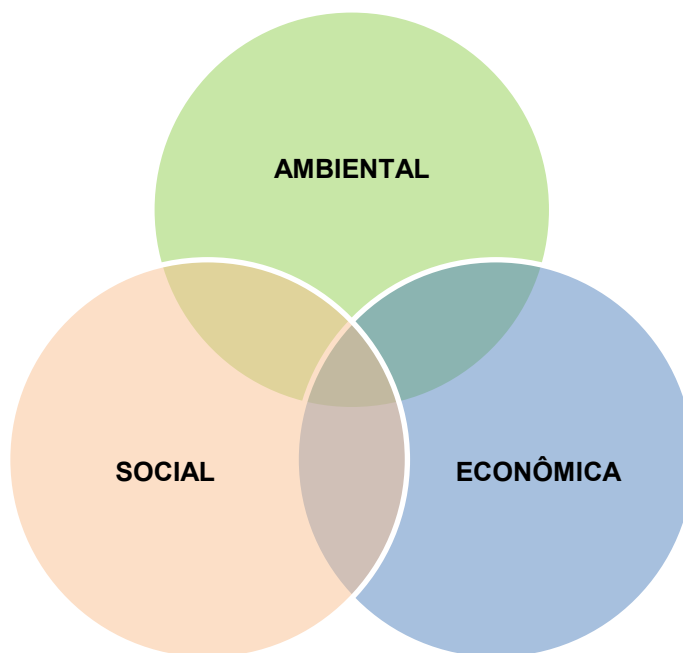
Nesse sentido, a PNRS estabelece que:

Art. 30. É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante as atribuições e procedimentos previstos nesta Seção (BRASIL, 2019).

Importante destacar que a análise do ciclo de vida já é amplamente discutida em várias pesquisas e até mesmo normatizada pela ISO 14000 – Sistema de Gestão Ambiental, com o intuito de avaliar os impactos ao meio ambiente e à saúde provocados por um determinado produto, processo, serviço ou outra atividade econômica, além de emissões e compensações de GEE (ABNT, 1997).

Em complemento a essa dimensão ambiental, devem ser observadas as dimensões social (geração de emprego e renda à população local) e econômica (capacidade de investimento, custo de implantação e operação). Uma boa referência, dentre outras, é a avaliação da sustentabilidade pelo ciclo de vida desenvolvido pela Unep – United Nations Environment Programme (UNEP, 2012). A solução ótima está no equilíbrio dessas dimensões (FIGURA 26).

FIGURA 26 - DIMENSÕES DA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE PELO CICLO DE VIDA



FONTE: Adaptado de UNEP (2012).

Pode-se afirmar, portanto, que há espaço para todas as formas de logística (coleta, transporte e armazenamento) e de tecnologias de tratamento dos resíduos sólidos urbanos, desde que respeitada a melhor solução entre as dimensões ambiental, social e econômica.

No Paraná, segundo dados do IBGE Cidades, do total de 399 cidades, 363 delas têm menos de 50 mil habitantes, o que pode inviabilizar individualmente soluções mais complexas, ou exigir um melhor agrupamento de cidades dentro dos critérios já explicitados (ambiental, social e econômico). De qualquer forma, a parte da coleta seletiva de recicláveis, com a parceria das cooperativas de catadores, já atende aos critérios e está em funcionamento em diversas cidades do Paraná, ou é de fácil implantação.

Por esse motivo, as soluções devem ser avaliadas em conjunto. É de grande importância a utilização de ferramentas desenvolvidas pela Protegeer, conforme citado no tópico 4.7, para promover uma gestão sustentável e integrada de RSU, preservar os recursos naturais e reduzir o uso de energia e a emissão de GEE.

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese é o desfecho da incômoda curiosidade inicial e do ímpeto em compreender por que, no Brasil, não se consegue aproveitar energeticamente os resíduos sólidos urbanos, deixando-os se transformarem em um perigoso passivo ambiental, além dos gases resultantes da sua decomposição oferecerem grande potencial de aquecimento global. Enquanto isso ocorre aqui, países desenvolvidos há muito tempo utilizam o conceito da economia circular e consideram os RSU um valioso recurso, na busca de uma sociedade autossuficiente e descentralizada, tornando-os uma fonte de geração de energia. Mal sabia o autor deste trabalho em que situação havia se colocado nessa difícil “costura” das relações: ambiente, sociedade, energia, RSU e mudanças climáticas.

Ocorre que a atmosfera da Terra opera como um manto capaz de reter o calor e fornecer as condições para existência de vida. Essa retenção só é possível graças à presença de dióxido de carbono (CO_2), chamado por muitos como o “gás da vida”. Gases em menor proporção, como o vapor d’água e o metano, entre outros, também seriam os responsáveis por esse denominado “efeito estufa”. As emissões de GEE são, portanto, necessárias. Todavia, pequenas alterações no equilíbrio entre esses e os demais gases são causadoras de alterações no clima.

Embora haja consenso de que a Terra está esquentando nos últimos cem anos, o memo não ocorre sobre as implicações globais dessas modificações, alguns são céticos, outros tantos são catastróficos, e há, também, os críticos e moderados. De toda forma, já é inquestionável o aumento do poder e do efeito da humanidade sobre os sistemas da Terra. Além dos fatores de ocorrência natural, atribui-se ao modo de vida humano a responsabilidade por grande parte da degradação do meio ambiente. A utilização de combustíveis fósseis, a retirada de florestas e posterior queima do material restante, os incêndios florestais e os RSU estão entre as principais causas do aumento de dióxido de carbono e metano na atmosfera. A conclusão de causa e efeito aponta para a participação dos seres humanos no aquecimento do planeta no último século, assim, as mudanças climáticas têm relação direta com causas antropogênicas.

A temática das mudanças climáticas em conjunto com outros fatores, como nível de utilização dos recursos naturais, a geração de resíduos, o impacto em ecossistemas e ciclos naturais, o hiperconsumismo, o nível de desemprego e de

pobreza extrema fez transparecer em escala local e global, com maior ênfase, a questão socioambiental resultante do modo de produção e consumo mundial.

O padrão de consumo desse modelo de desenvolvimento tem-se mostrado incapaz de atender a diversidade da sociedade, por produzir exclusão social e concentração de riqueza. Necessário, então, outra racionalidade que faça frente à racionalidade apenas do mercado e que se apoie na melhoria da qualidade de vida e na convivência com a diversidade - recentemente organizada sob o nome de "Buen Vivir", como alternativa à ideia do desenvolvimento atual. Assim, o local, lugar de vida de cada um, pode ser percebido como seu meio de pertencimento que admite a uma comunidade reconhecer em si traços característicos, e mesmo de solidariedade, que exercem certa influência sobre as mudanças socioeconômicas.

Em termos das cidades, as alterações dos fluxos de energia, pelo componente antropogênico, já há muito tempo estão comprovadas cientificamente. Quanto mais intensas as atividades humanas nelas circunscritas, maiores as alterações visíveis no ambiente e, por consequência, no seu clima particular. Poluição do ar e da água, secas, inundações, são exemplos de problemas locais decorrentes. E os diretamente afetados são sempre os mais vulneráveis, populações que vivem em países menos desenvolvidos e que habitam locais ambientalmente e socialmente fragilizados. Embora exista alguma controvérsia sobre as consequências futuras, principalmente por estarem baseadas em modelos matemáticos de comportamento do clima, os resultados presentes já são demasiadamente preocupantes.

Assim, o fenômeno da mudança climática é único na história da humanidade, e diminuir seus efeitos impõe à sociedade o desafio de buscar soluções. Ou seja, lidar com as vulnerabilidades, adaptar-se (controlar, evitar e contornar os danos), buscar formas de mitigá-las (num esforço global que requer amplas mudanças de comportamento e tecnologias) e resistir a desastres cada vez mais frequentes.

De qualquer forma, embora ainda não se saiba exatamente como os efeitos das emissões de GEE atuam localmente, a maioria dessas emissões no mundo é em última análise atribuível às cidades, pois são centros de atividade econômica e, portanto, fundamentais nos esforços globais para mitigação das mudanças climáticas: reduzir o consumo de energia, descarbonizar o fornecimento de energia elétrica e diminuir as emissões líquidas de GEE. O maior potencial para redução das

emissões em cidades no Brasil está nos setores de energia, transporte e gestão de resíduos.

A evolução da humanidade e o desenvolvimento das sociedades estiveram desde sempre interligados à capacidade de captar e transformar a energia para os mais variados fins - na alimentação, proteção e aquecimento, industrialização, entre outros. Assim, a geração e utilização de energia se tornaram responsáveis por mais de dois terços das emissões globais de GEE. Isso significa que o tema energia, realmente, está no centro dessa questão.

Ainda, a geração de resíduos sólidos é inerente às sociedades desde a Revolução Industrial e do aumento das cidades. A cada dia, milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos são descartados em aterros sanitários e lixões ao redor do mundo, não sendo diferente no Brasil. E o gás de aterro é criado como um subproduto natural da matéria orgânica em decomposição, como alimentos e papel quando se deterioram em condições anaeróbias. As emissões de GEE vêm principalmente do dióxido de carbono e do metano liberados. Assim, o aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos propicia a redução dos poluentes gasosos que causam efeitos locais e globais. Nesse contexto, articulam-se, ou deveriam se articular, as políticas públicas que dão suporte a esses processos.

Ao retomar a questão inicial que motivou a pesquisa que indagava – *Como os processos de aproveitamento energético proveniente dos resíduos sólidos urbanos, no Paraná, se relacionam com a sustentabilidade ambiental enquanto vetor de mitigação às mudanças climáticas globais?* –, recorda-se que a primeira hipótese estabelecia que *o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos começa a emergir no Paraná, o que representaria uma resposta às políticas públicas ambientais para seu correto gerenciamento e destinação final ambientalmente adequada.*

Importante ressaltar que a PNRS estabelece em seu Art 3º, Inciso VII:

Destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

E a PNMC, que no seu Art 6º, inciso XII, estabelece como um dos seus instrumentos:

As medidas existentes, ou a serem criadas, que estimulem o desenvolvimento de processos e tecnologias, que contribuam para a redução de emissões e remoções de gases de efeito estufa, bem como para a adaptação, dentre as quais o estabelecimento de critérios de preferência nas licitações e concorrências públicas, compreendidas aí as parcerias público-privadas e a autorização, permissão, outorga e concessão para exploração de serviços públicos e recursos naturais, para as propostas que propiciem maior economia de energia, água e outros recursos naturais e redução da emissão de gases de efeito estufa e de resíduos (BRASIL, 2009).

A hipótese foi parcialmente comprovada. Por todos os aspectos apresentados no levantamento teórico, dados secundários, estudos de caso e entrevistas, não resta dúvida de que as iniciativas existentes no Paraná (e outras já em funcionamento no Brasil) são uma resposta ao correto gerenciamento e destinação final ambientalmente adequada dos RSU. Entretanto, é preciso destacar, mais uma vez, que são pouquíssimos projetos significativos em funcionamento, e mesmo os já existentes têm uma capacidade muito aquém da necessária. A tese ainda demonstrou que é preciso avançar na utilização de outras possibilidades e tecnologias de tratamento dos RSU.

Com relação à segunda hipótese – *o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos, em instalações no Paraná, poderia contribuir nos processos de mitigação de GEE causadores das mudanças climáticas globais, quando verificados os dados de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) capturados* –, os dados de campo evidenciaram considerável quantidade de dióxido de carbono equivalente evitada para a atmosfera, bem como excelente conversão de metano em energia elétrica, o que resulta comprovada essa hipótese. Vale ressaltar, novamente, que os resultados dos dois estudos de caso poderiam ser bem melhores se o número de geradores fosse compatível com a capacidade de geração de biogás de cada aterro sanitário. E ressaltar que grande parte do biogás que está sendo gerado nesses aterros sanitários está vazando para a atmosfera sem tratamento, contribuindo para as emissões de GEE, para o aquecimento global e para as mudanças climáticas.

Ainda, para a terceira hipótese que estabelecia que a *não operacionalização das políticas públicas e dos programas de incentivo inviabilizaria o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos nas cidades do Paraná*, as entrevistas evidenciaram que a gestão dos RSU no Brasil, e especificamente no Paraná, é

bastante complexa. São diversos os motivos que comprovam a hipótese: na análise das entrevistas, foram avaliadas seis categorias, elencadas como pontos principais do conteúdo coletado, que demonstram realmente a não operacionalização das políticas públicas e dos programas de incentivo. No conjunto, eles inviabilizam o correto gerenciamento dos RSU e, por conseguinte, seu aproveitamento energético, o que resulta comprovada essa hipótese.

Em busca de responder à questão central – *avaliar e analisar o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos no Paraná e suas interações com os processos de mitigação das mudanças climáticas globais* – e verificar a validade das hipóteses, os esforços se concentraram na consecução dos objetivos específicos da investigação.

O primeiro objetivo específico solicitava *elaborar um panorama da gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná, incluindo nesse quadro as emissões brasileiras e paranaenses de GEE gerais e no setor de resíduos sólidos*. A tese verificou que o panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná apresenta uma situação ainda sem solução, com a colocação de cerca de 40% dos RSU em lixões, sem nenhum tratamento. Com o aumento da população urbana nas últimas décadas, as emissões brasileiras e paranaenses de GEE nesse setor só fizeram aumentar. Os motivos, explicações e dificuldades foram bastante explorados na Síntese Analítica, donde se conclui que a solução é bastante complexa, mas possível. A emissão de GEE é inerente à disposição de RSU em aterros sanitários. O ponto-chave desse problema seria a captura e aproveitamento desses gases, evitando o livre vazamento para a atmosfera.

O segundo objetivo específico indicava *apresentar o cenário atual e o potencial de inserção anual de geração de biogás e energia proveniente de resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná*. O item 5.4 desta tese apresentou essa estimativa com base nos resíduos depositados em aterros todos os anos, apenas de RSU, sem considerar os resíduos rurais, industriais, etc. Ou seja, a cada ano, o Brasil teria a capacidade de gerar aproximadamente 10% da capacidade de uma usina hidrelétrica de Itaipu, no Paraná, em torno de 8% da capacidade da usina hidrelétrica de Foz do Areia (Copel); e, ainda, sem considerar os resíduos já depositados em aterros que ficam vinte ou mais anos convertendo metano. Realmente, como disse o entrevistado nº 11, é uma capacidade gigantesca que está sendo desperdiçada e que outros países já perceberam. Ao considerar que

tecnologias mais recentes e inovadoras têm eficiência bem melhor, esse potencial é maior ainda.

O terceiro objetivo específico buscava *examinar as políticas públicas e os programas de incentivo para o aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos no Brasil e no Paraná*. Esse foi um ponto importante do trabalho (item 5.5), porque demonstrou que existem políticas públicas e programas de incentivo, embora possam e devam ser melhorados. Constatou-se que políticas e planos, na área, existem em maior número na esfera federal e mais escassos na esfera estadual. Evidenciou-se, ainda, que não há articulação entre eles e, assim, as políticas não se operacionalizam. A análise das entrevistas explicou os diversos motivos.

O quarto objetivo específico indicava *investigar os processos de mitigação de GEE, por meio de dados de campo de geração de biogás, conversão em energia elétrica e emissões evitadas de metano (CH₄) e de dióxido de carbono (CO₂) em instalações existentes no Paraná*. Os dados de campo evidenciaram considerável quantidade de dióxido de carbono equivalente evitada e de boa conversão de metano em energia elétrica. Mostrou também que, ao injetar no sistema elétrico brasileiro, essa energia proporciona economia de CO₂, uma vez que a geração de energia elétrica no Brasil utiliza combustíveis fósseis e, portanto, tem considerável intensidade de carbono.

Com relação ao último objetivo específico – *avaliar o entendimento de atores institucionais a respeito da gestão dos resíduos sólidos urbanos e sua articulação com as políticas públicas para o aproveitamento energético* – esse, talvez, tenha sido o mais difícil deles de se cumprir e foi alcançado por meio de entrevistas com informantes qualificados na gestão de RSU e de energia.

Após as entrevistas, procedeu-se à “leitura flutuante” das transcrições com a marcação de alguns indicadores conforme as impressões, *insights* e conhecimento teórico-prático adquirido nos estudos bibliográficos e nos estudos de caso. Foram estabelecidas seis categorias de análise: legislação, aspectos econômico-financeiros, estrutura e gestão, aspectos políticos, aspectos tecnológicos e aspectos culturais. Por fim, foi construída a análise por meio de inferências, a partir da confrontação das entrevistas com os dados primários e secundários levantados, identificando os principais pontos, conflitos e limites.

As entrevistas e a posterior análise demonstraram o quão complexa é a problemática e mais ainda a solução. A articulação das políticas públicas fica

inviabilizada por diversos fatores político-institucionais e culturais. E, como resultado final, dificultam e até impedem a gestão adequada RSU e, na sequência, o seu aproveitamento energético.

Portanto, todos os objetivos foram cumpridos e respondidos. Destaca-se, ainda, que a gestão de RSU não é uma questão de falta de conhecimento, pois existem diversos estudos, trabalhos e iniciativas. Mas representa um conjunto de decisões para aplicação das melhores tecnologias dentro da perspectiva ambiental, social e econômica, assim como a intenção de resolver os gargalos políticos institucionais.

Por fim, o levantamento de dados secundários foi importante para apresentar o cenário atual da problemática envolvida na pesquisa. Os estudos de caso (dados de campo), mesmo em pequena escala, mostraram que há perspectiva de solução do problema. E as entrevistas evidenciaram as dificuldades de resolução. Assim, espera-se que esta tese possa ajudar nos estudos de aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos, questão fundamental no desafio de mitigação dos GEE causadores das mudanças climáticas globais e com consequências no Paraná, recorte territorial deste estudo.

Resumidamente, a tese que foi defendida neste trabalho científico é que o aproveitamento energético dos RSU começa a emergir no Paraná, o que representa uma resposta às políticas públicas ambientais para seu correto gerenciamento e destinação final ambientalmente adequada, mas de maneira muito tímida. Também, sua utilização pode contribuir nos processos de mitigação de GEE causadores das mudanças climáticas globais. E, a não operacionalização das políticas públicas e dos programas de incentivo tem inviabilizado este desenvolvimento.

Fica evidente, pela tese apresentada, que nossa sociedade sofre um problema gravíssimo de governança - práticas envolvendo a cooperação de instituições e interfaces de atores e interesses, voltados à elaboração de novos instrumentos de gestão ambiental, em termos de legislação, políticas públicas, programas, medidas e ações, para os âmbitos estaduais/regionais/municipais.

Da mesma forma, o pacto federativo e o modelo tributário brasileiro onde a legislação atribuiu grande arrecadação federal, mas de outro lado, enorme responsabilidade aos municípios forçando os gestores municipais a dependerem da liberação de verbas para aos municípios. Bem como, ficou evidente que o Estado tem envidado esforços para regular o mercado por meio de mecanismos do tipo

comando e controle, em detrimento a formas de incentivos através de programas, planos e incentivos fiscais, que se mostram muito mais eficientes.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS

Registra-se aqui a necessidade de pesquisas futuras que complementem os dados e resultados obtidos. A continuidade deste estudo é importante pela relevância do assunto, tanto em seu aspecto científico quanto no que tange a suas possibilidades de aplicação prática. Recomendam-se temas de estudo que podem enriquecer as pesquisas desenvolvidas até o presente momento.

Durante parte da pesquisa de dados secundários, havia a intenção de levantar dados socioeconômicos (educação, renda, saneamento, etc) geolocalizados de áreas nos entornos dos aterros sanitários, para identificar as vulnerabilidades socioambientais e desenvolver indicadores dessas regiões. Esses dados geolocalizados não foram encontrados no IBGE, Iparde ou qualquer outro instituto de pesquisas. Seria muito importante que a UFPR desenvolvesse esse tipo de produto, que serviria para diversos programas e pesquisas.

Também, atualizar o panorama de resíduos sólidos urbanos, bem como as emissões de GEE neste setor, no Brasil e no Paraná, e pesquisar a aplicação de novas tecnologias de tratamento para aproveitamento e recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos.

Outro aspecto importante seria identificar as fases críticas do ciclo de vida dessas tecnologias, analisando os principais impactos ambientais ligados à fase de produção, montagem e componentes do sistema, quanto à emissão de GEE e a poluição da água e do solo. E, ainda, verificar a possibilidade de logística reversa e reciclagem desses materiais.

Também, atualizar as políticas públicas e programas de incentivo ao aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos, bem como as de mitigação às mudanças climáticas.

E, por fim, investigar e desenvolver um plano de rotas tecnológicas para os RSU no Paraná, integrando cidades e regiões com as melhores soluções ambiental, social e econômica.

REFERÊNCIAS

- ABBASSI-GUENDOUZ, A.; BROCKMANN, D.; TRABLY, E.; DUMAS, C.; DELGENÈS, J. P.; STEYER, J. P.; ESCUDIÉ, R. **Total solids content drives high solid anaerobic digestion via mass transfer limitation**. *Bioresource Technology*, Volume 111, Pages 55-61, 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852412002258>>. Acesso em: 09 ago. 2020.
- ACOSTA, A.; MARTINEZ, E. **El buen vivir: Una vía para el desarrollo**. Quito: Ediciones Abya-Yala, 2009.
- ACSERALD, H. **Ambientalização das Lutas Sociais: o caso do movimento por justiça ambiental**. São Paulo: Estudos Avançados, 2010.
- ACSELRAD, H. Discursos da Sustentabilidade Urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, n. 1, p. 79 - 90. Maio, 1999.
- AHN, H.K.; SMITH, M.C.; KONDRAD, S.L. *ET AL.* **Evaluation of Biogas Production Potential by Dry Anaerobic Digestion of Switchgrass–Animal Manure Mixtures**. *Appl Biochem Biotechnol* 160, 965–975. 2010. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s12010-009-8624-x#citeas>>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- ALBERTI, V. **História oral - A experiência do CPDOC**. Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil. 1ª. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1990.
- ALVES, M.; DIAS, R. C.; SEIXAS, P. C. Smart Cities no Brasil e em Portugal: o estado da arte. urbe, **Rev. Bras. Gest. Urbana**, Curitiba , v. 11, e20190061, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692019000100411&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 mar. 2021.
- AL-ZUHAIRI, F.; PIROZZI, D.; AUSIELLO, A.; FLORIO, C.; TURCO, M.; MICOLI, L.; ZUCCARO, G.; TOSCANO, G. **Biogas Production from Solid State Anaerobic Digestion for Municipal Solid Waste**. *Chemical Engineering Transactions*. 43. 2407-2412, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280655767_Biogas_Production_from_Solid_State_Anaerobic_Digestion_for_Municipal_Solid_Waste/citation/download>. Acesso em: 11 ago. 2020.
- AMBRÓSIO, U. Um enfoque transdisciplinar à educação e à educação matemática. In: BICUDO, M. e BORBA, M.C. **Educação matemática: pesquisa em movimento**. São Paulo: Cortez, 2004.
- ANGELIDAKI, I.; ALVES, M.; BOLZONELLA, D.; BORZACCONI, L.; CAMPOS, J.L.; GUWY, A.J.; KALYUZHNYI, S.; JENICEK, P.; VAN LIER, J. B. Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. **Water Sci Technol**. 59(5):927-34, 2009. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19273891>>. Acesso em: 12 ago. 2020.

ARELLI, V.; BEGUM, S.; ANUPOJU, G. R.; KURUTI, K.; SHAILAJA, S. Dry anaerobic co-digestion of food waste and cattle manure: Impact of total solids, substrate ratio and thermal pre treatment on methane yield and quality of biomanure. **Bioresource Technology**, Volume 253, Pages 273-280, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852418300634>>. Acesso em: 13 ago. 2020.

ARENDT, H. **A Condição Humana**. Trad. Roberto Raposo. Revisão e Apresentação Adriano Correia. 10 ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2007.

ARIZTIA T.; BOSO A.; TIRONI M. Sociologías de la energía. **Revista Internacional de Sociología**. RIS, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético na Destinação de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Abrelpe, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. São Paulo: Abrelpe, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018 / 2019**. São Paulo: Abrelpe, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14001. Sistemas de gestão ambiental** – especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 1997

BANCO MUNDIAL (BM). **Cities and climate change: an urgent agenda**. Washington D C: The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, 2010.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, LDA, 2011.

BECK, U. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. São Paulo: Editora 34, 2010 [1992].

BECK, U. **Ecological Politics in an Age of Risk**. Cambridge: Polity Press, 1995.

BOLZONELLA, D.; PAVAN, P.; MACE, S.; CECCHI, F. Dry anaerobic digestion of differently sorted organic municipal solid waste: a full-scale experience. **Water Sci Technol**, 53(8):23-32, 2006. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16784186/>>. Acesso em: 14 ago.2020.

BRANCO, S. M. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Moderna, 2002.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. **Tecnologias de digestão anaeróbia com relevância para o Brasil: substratos, digestores e uso de biogás** / Probiogás; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ); autores, Oliver Jende ... [et al.]. – Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2015.

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia (MCTE). **Políticas públicas para cidades sustentáveis: integração intersetorial, federativa e territorial**. [coordenação de] Alberto Lopes. – Rio de Janeiro: IBAM, MCTI, 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Aproveitamento Energético do Biogás de Aterro Sanitário**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterro-sanitario>>. Acesso: 28 abr. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos.html>>. Acesso: 28 abr. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Política Nacional sobre Mudança do Clima**, 2009. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima.html>>. Acesso: 12 set. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Plano Nacional sobre Mudança do Clima**. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima/plano-nacional-sobre-mudanca-do-clima.html>>. Acesso: 12 set. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Proposta Preliminar do Produto Sobre os Sistemas Elétricos em Geral e com Aproveitamento Energético do Biogás de Aterro Sanitário ou de Biodigestores no Brasil**. Rio de Janeiro, 2001.

BRASIL. **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<https://odsbrasil.gov.br/>>. Acesso em: 27 mar. 2021.

BROWN, D.; LI, Y. Solid state anaerobic co-digestion of yard waste and food waste for biogas production. **Bioresource Technology**, Volume 127, Pages 275-280, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852412014319>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

BROWN, E.; CLOKE, J. Critical Perspectives on Corruption: an overview. **Critical Perspectives on International Business**, v. 7, n. 2, p. 116-124, 2011.

BROWN, M. E.; ANTLE, J. M.; BACKLUND, P.; et al. **Climate Change, Global Food Security, and the U.S. Food System**. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.7930/J0862DC7>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

BURSZTYN, M.; BURSZTYN, M. A. **Fundamentos de política e gestão ambiental: os caminhos do desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

BURSZTYN, M.; EIRO, F. **Mudanças climáticas e distribuição social da percepção de risco no Brasil**. Soc. Estado. Brasília, v. 30, n. 2, p. 471-493, Aug. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-69922015000200471Ing=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 jun. 2019.

CANADA. **Canadian Council of Ministers of the Environment**. Disponível em: <https://www.ccme.ca/en/current_priorities/index.html>. Acesso em: 04 abr. 2020.

CANADA. **Pan-Canadian Framework on Clean Growth and Climate Change**. Canada's Plan to Address Climate Change and Grow the Economy. Ottawa, 2016.

CAPSON-TOJO, G.; TRABLY, E.; ROUEZ, M.; CREST, M.; STEYER, J. P.; DELGENÈS, J. P.; ESCUDIÉ, R. Dry anaerobic digestion of food waste and cardboard at different substrate loads, solid contents and co-digestion proportions. **Bioresource Technology**, Volume 233, Pages 166-175, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852417302559>>. Acesso em: 16 ago. 2020.

CARLSSON-KANYAMA, A.; GONZÁLEZ, A. D. Potential contributions of food consumption patterns to climate change. **American Society of Nutrition**, v. 89, p. 1704S–9S, 2009.

CASTILHOS JÚNIOR, A. B.; LANGE, L. C.; GOMES, L. P.; PESSIN, N. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES / RiMa, 294 p., 2003.

CASSINI, S. T. ; COELHO, S. T. ; PECORA, V. . Biogás- Biocombustíveis ANP. In: Carlos Augusto G. Perlingeiro. (Org.). **Biocombustíveis no Brasil - Fundamentos, Aplicações e Perspectivas**. C. Rio de Janeiro: Synergia Editora, 2014, v. 1, p. 136-167.

COLATUSSO, R. A. **A energia solar e sua contribuição na matriz energética do Paraná: aspectos socioambientais e de sustentabilidade local**. Curitiba, 137 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

COTTRELL, F. **Energy and Society: The Relation Between Energy, Social Change, and Economic Development**. New York: McGraw Hill, 1955.

DE AZEVEDO, T.; COSTA JUNIOR, C.; BRANDÃO JUNIOR, A. ET AL. **Estimativas da iniciativa SEEG das emissões brasileiras de gases de efeito estufa de 1970 a 2015**. Sci Data 5, 180045 (2018) doi: 10.1038 / sdata.2018.45. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/sdata201845>>. Acesso: 06 jan. 2020.

DEMO, Pedro. **Metodologia científica em Ciências Sociais**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 1995.

DEUTSCHLAND. Bundesministerium Fur Umwelt, Natursschultz Und Nukleare Sicherheit. **Klimaschutzplan 2050 - Prinzipien und Ziele des Deutschen Klimapolitik der Regierung**. Berlin, 2016. Disponível em: <<https://www.bmu.de/en/topics/climate-energy/climate>>. Acesso em: 31 mar. 2020.

DEUTSCHLAND. Bundesministerium Fur Umwelt, Natursschultz Und Nukleare Sicherheit. **Abfallwirtschaft in Deutschland 2018**. Berlin, 2018. Disponível em: <<https://www.bmu.de/en/topics/water-waste-soil>>. Acesso em: 31 mar. 2020.

DURKHEIM, E. **Las reglas del método sociológico**. México DF: Fondo de Cultura Económica, 1895.

ELSAMADONY, M.; TAWFIK, A. Potential of biohydrogen production from organic fraction of municipal solid waste (OFMSW) using pilot-scale dry anaerobic reactor. **Bioresource Technology**, Volume 196, Pages 9-16, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085241501010X>>. Acesso em: 17 ago. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balço Energético Nacional 2019**: Ano base 2018. Rio de Janeiro: EPE, 2019.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **LFG Energy Project Development Handbook**. Landfill Methane Outreach Program. Washington - DC, 2017.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **LFG Energy Project Development Handbook**. Landfill Methane Outreach Program. Washington - DC, 2020.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Resource Conservation And Recovery Act (RCRA)**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/rcra/resource-conservation-and-recovery-act-rcra-overview>>. Washington, D.C., 2020a. Acesso em: 05 abr. 2020.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **History**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/history>>. Washington, D.C., 2020b. Acesso em: 05 abr. 2020.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Clean Energy Programs**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/energy/clean-energy-programs#renewable>>. Washington, D.C., 2020c. Acesso em: 05 abr. 2020.

EUR-LEX - UE. **Directiva 75/442/CEE do Conselho**, de 15 de Julho de 1975, relativa aos resíduos. Disponível em: <https://eur-ex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9a09e84c-9005-4bed-ae42-8d1638b55d9f.0010.02/DOC_79&format=PDF>. Acesso em: 30 mar. 2020.

EUR-LEX -UE. **Directiva 1999/31/CE do Conselho**, de 26 de Abril de 1999, relativa à deposição de resíduos em aterros. Disponível em: <<https://eur->

lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1999L0031:20081211:PT:P DF>. Acesso em: 30 mar. 2020.

FAZENDA, I. (Org). **Didática e Interdisciplinaridade**. 14^aed. São Paulo: Papyrus, 2009.

FAZENDA, I. C. A. **Construindo aspectos teórico-metodológicos da pesquisa sobre interdisciplinaridade**. In: FAZENDA, I. C. A. (org.). *Interdisciplinaridade – Dicionário em Construção*. São Paulo: Cortez, 2001.

FERGUSON, P. - **Discourses of Resilience in the Climate Security Debate**. *Global Environmental Politics*. MIT, V. 19 - p. 104-126, 2019.

FHILLIPSON, J. **Ecologia Energética**. São Paulo: Editora Nacional, 1969.

FIRKOWSKI, O.L.C.F. Metrôpoles e Regiões Metropolitanas no Brasil: Conciliação ou Divórcio? IN: FURTADO, B.A. *et al.* (Editores), **Território Metropolitano**, Políticas Municipais, IPEA, Brasília, 2013.

FLORIANI, D. Disciplinaridade e construção interdisciplinar do saber ambiental. **Meio Ambiente e Desenvolvimento**, n.10, p. 33-37, jul./dez.2004. Editora UFPR.

FLORIANI, D. **Interdisciplinarietà**: teoría y práctica en la investigación y la enseñanza. *Form Amb* 1998;

FOLADORI, G. O Capitalismo e a Crise Ambiental. **Revista Raízes**, Ano XVIII, Nº 19, Maio 1999.

FORSTER-CARNEIRO, T.; PÉREZ, M.; ROMERO, L. I.; SALES, D. Dry-thermophilic anaerobic digestion of organic fraction of the municipal solid waste: focusing on the inoculum sources. **Bioresour Technol**, 98(17): 3195-203, 2006. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16919940/>>. Acesso em: 18 ago. 2020.

FOUCAULT, M. **Microfísica do Poder**. Rio de Janeiro: Edições Graal, 2009.

FRANCE – MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE. **Plan Climatique**. Paris, 2017. Disponível em: <<https://www.gouvernement.fr/en/climate-plan>>. Acesso em: 02 abr. 2020.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). **Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos**: Guia de Orientações para Governos Municipais de Minas Gerais, 2012. Disponível em: <<http://www.feam.br/component/content/article/995>>. Acesso em: 19 jan. 2020.

FURTADO, C. **Brasil**: a construção interrompida. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 1992.

GE, X.; XU, F.; LI, Y. Solid-state anaerobic digestion of lignocellulosic biomass: Recent progress and perspectives. **Bioresource Technology**, Volume 205, Pages 239-249, 2016. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852416300268>>. Acesso em: 19 ago. 2020.

GHORRA-GOBIN, C. Questão Metropolitana na Perspectiva do Desenvolvimento Sustentável. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**, vol. 9, num. 18, Fortaleza, 2010.

GIDDENS, A. **As consequências da modernidade**. Tradução Raul Fiker. São Paulo: Editora UNESP, 1991.

GIDDENS, A. Risco, confiança e reflexividade. In: BECK, U.; GIDDENS, A.; LASH, S. **Modernização Reflexiva**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1997.

GIDDENS, A. **A política da mudança climática**. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

GIDDENS, A. **The politics of climate change**. Cambridge ; Malden, MA: Polity, 2009.

GIDDENS, A. **Sociologia**. 6ª. Ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2008.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GIULIO, G. M.; MARTINS, A. M. B.; LEMOS, M. C. **Adaptação climática**: Fronteiras do conhecimento para pensar o contexto brasileiro. *Estud. av.*, São Paulo , v. 30, n. 88, p. 25-41, Dec. 2016 . Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142016.30880004>>. Acesso em: 27 Mar 2021.

GLOBAL METHANE INICIATIVE. **Landfill Subcommittee Action Plan**.

Whashington – DC, 2006. Disponível em:

<https://globalmethane.org/documents/landfill_actionplan_0506.pdf>. Acesso em: 04 out. 2020.

GOMES, F. C. DE S. P.; AQUINO, S. F. DE; COLTURATO, L. F. DE D. B.

Biometanização seca de resíduos sólidos urbanos: estado da arte e análise crítica das principais tecnologias. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro , v. 17, n. 3, p. 295-304, 2012 . Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522012000300006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 19 ago. 2020.

GORZ, A. **Ecológica**. São Paulo: Annablume, 2010.

GUDYNAS, E. **Debates sobre el desarrollo y sus alternativas en América Latina**: Una breve guía heterodoxa in Más allá del desarrollo – Grupo Permanente de Trabajo sobre Alternativas al Desarrollo. Quito: Ediciones AbyaYala, 2011.

GUENDOUZ, J.; BUFFIÈRE, P.; CACHO J.; CARRÈRE M.; DELGENES, J.-P. **Dry anaerobic digestion in batch mode**: Design and operation of a laboratory-scale,

completely mixed reactor. *Waste Management*, Volume 30, Issue 10, Pages 1768-1771, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X10000140>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

HANDCOCK, M. S.; GILE, K. J. On the Concept of Snowball Sampling. ***Sociological Methodology***, v. 41, n. 1, p. 367-371, Agosto de 2011.

HARRIS, S. A.; Permafrost Subcommittee, Associate Committee On Geotechnical Research, National Research Council Of Canada (Orgs.). ***Glossary of permafrost and related ground-ice terms***. Ottawa, Ontario, Canada, 1988. Disponível em: <https://globalcryospherewatch.org/reference/glossary_docs/permafrost_and_ground_terms_canada.pdf>. Acesso em: 13 out. 2019.

HOBSBAWM, E. ***A Era dos Extremos – O Breve Século XX (1914-1991)***. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). ***IBGE Cidades***. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 jan. 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Municipal Solid Waste and its Role in Sustainability. A Position Paper Prepared by IEA Bioenergy*. Paris: IEA, 2003. Disponível em: <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2013/10/40_IEAPositionPaperMSW.pdf> . Acesso em 04 out. 2020.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). ***Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories***. Houghton, J.T.; Meira Filho, L.G.; Lim, B.; Tréanton, K.; Mamaty, I.; Bonduki, Y.; Griggs, D.J; Callander, B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, 1997.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). ***Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories***. Penman, J.; Kruger D.; Galbally, I.; Hiraishi, T.; Nyenzi, B.; Enmanuel, S.; Buendia, L.; Hoppaus, R.; Martinsen, T.; Meijer, J.; Miwa, K.; Tanabe, K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan, 2000.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). ***Climate Change 2007: The Scientific Basis***. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). ***Climate Change 2013: The Physical Science Basis***. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York, 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). ***Cambio climático 2014: Informe de síntesis***. Contribución de los Grupos de trabajo I, II e III

al Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. IPCC, 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**, Calvo Buendia, E.; Tanabe, K.; Kranjc, A.; Baasansuren, J.; Fukuda, M.; Ngarize S.; Osako, A.; Pyrozhenko, Y.; Shermanau, P.; Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland, 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **World Energy Outlook 2009**. Paris: IEA, 2008.

INVESTING.COM. **Monitor de Investimentos**. Disponível em: <<https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions>>. Acesso em: 29 mar. 2020.

JAPAN – MINISTRY OF THE ENVIRONMENT. **The Basic Environment Plan**. Tokyo, 2019. Disponível em: <<https://www.env.go.jp/en/policy/index.html>>. Acesso em: 06 abr. 2020.

JHA, A. K.; LI, J.; NIES, L.; ZHANG, L. Research advances in dry anaerobic digestion process of solid organic wastes. **African Journal of Biotechnology**. Vol. 10(65), pp. 14242-14253, 24, 2011. Disponível em: <<https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/97104>>. Acesso em: 11 ago. 2020.

JUCÁ, J. F. T. *et al.* **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. FADE – Fundação Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco. Jaboatão dos Guararapes, PE: Grupo de Resíduos Sólidos – UFPE, 2013.

KOLBERT, E. **Field Notes From a Catastrophe: Man, Nature, and Climate Change**. London-UK: Bloomsbury Publishing PLC, 2007.

KOTHARI, R.; PANDEY, A. K.; KUMAR, S.; TYAGI, V. V.; TYAGI, S. K. Different aspects of dry anaerobic digestion for bio-energy: An overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Volume 39, Pages 174-195. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114004638>>. Acesso em: 21 ago. 2020.

LAMMEL, G.; GRABL, H. Greenhouse effect of NO_x. **Environ. Sci. & Pollut. Res.** 2, 40–45, 1995. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02987512>>. Acesso em: 02 out. 2020.

LARKIN, B. The Politics and Poetics of Infrastructure. **Annual Review of Anthropology** 42: 327-343. New York: 2013.

LATOURETTE, B. **Facing Gaia: eight lectures on the new climatic regime**. Cambridge, UK; Medford, MA: Polity, 2017.

LEFF, E. **A complexidade ambiental**. São Paulo: Cortez Ed., 2000a.

LEFF, E. Complexidade, Interdisciplinaridade e Saber Ambiental, in **Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais**. Philippi Jr, A.; Tucci, C. E. M.; Hogan, D. J. Navegantes. - São Paulo: Signus Editora, 2000b.

LEFF, E. **Saber Ambiental** – Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade e Poder. São Paulo, 8ª. Ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

LIMA, M. D. V. *et al.* **Governança pública para o enfrentamento das mudanças climáticas em Curitiba e entorno**. Mercator (Fortaleza), Fortaleza, v. 15, n. 4, p. 47-63, Dec. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-22012016000400047&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 Mar. 2021.

LIMA, P. DE M.; COLVERO, D. A; GOMES, A. P; WENZEL, H.; SCHALCH, V., CIMPAN, C. Environmental assessment of existing and alternative options for management of municipal solid waste in Brazil. **Waste Management**, Volume 78, Pages 857-870, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X1830429X>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

KUHN, T. S. **A tensão essencial**. Lisboa: Edições 70, 1989.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 5ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARCUSE, H. **Tecnologia, Guerra e Fascismo**. São Paulo: Editora UNESP, 1999.

MARKGRAF, C.; KAZA, S. Financing Landfill Gas Projects in Developing Countries. Urban development. **Series Knowledge papers**. 2016. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/26302>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

MAX-NEEF, M.; ELIZALDE, A.; HOPENHAYN, M. **Desenvolvimento à escala humana**: concepção, aplicação e reflexos posteriores. Blumenau, Edifurb, 2012.

MENDONÇA, F. Geografia Socioambiental. In: **Revista Terra Livre**, São Paulo, n.º 16, p. 139-158, 2001.

MENDONÇA, F. Dimensões regionais das mudanças climáticas globais e educação ambiental: Alguns aspectos da região Sul do Brasil. **Anais EGAL**, 2012. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Climatologia/38.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2020.

MENDONÇA, F. **Resiliência Urbana**: Concepções e Desafios em Face de Mudanças Climáticas Globais. In: **Mudanças climáticas e resiliência de cidades**. Organizadores Fátima Furtado, Luiz Priori, Ednéa Alcântara. Recife: Pickimagem, 2015.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2005.

MORIN E.; KERN, A. **Terra-Pátria**, traduzido do francês por Paulo Azevedo Neves da Silva. Porto Alegre: Sulina, 2003.

MOURA, A. S.; BEZERRA, M. C. Governança e Sustentabilidade das Políticas Públicas no Brasil. In: **Governança ambiental no Brasil**: instituições, atores e políticas públicas. Brasília. Ipea, 2016.

MUHAMMAD NASIR, I.; MOHD GHAZI, T.I.; OMAR, R. Production of biogas from solid organic wastes through anaerobic digestion: a review. **Appl Microbiol Biotechnol** **95**, 321–329, 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-012-4152-7#citeas>>. Acesso em: 23 ago. 2020.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Global Climate Change**. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Earth Observatory**. Disponível em: <<https://earthobservatory.nasa.gov>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

OLIVEIRA, I.B. **Boaventura e a Educação**. Ramada, Portugal: Edições Pedagogo, 2008.

OONK H. Revisão de literatura: metano de aterros sanitários. Métodos para quantificar geração, oxidação e emissões. **Apeldoorn**, 2010. Disponível em: <<http://www.sustainablelandfillfoundation.eu/documenten/Landfill%20general/100520%20Final%20report%20-%20review%20landfill%20methane%20slf.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA (ONS). **Sistema Integrado Nacional**. Brasília, 2020. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>>. Acesso em: 21 jul. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Como construir cidades mais resilientes**: um guia para gestores públicos locais. Genebra: Nações Unidas, 2012. Disponível em: <https://www.unisdr.org/files/26462_guiagestorespublicosweb.pdf>. Acesso em: 8 mai. 2019.

OTTEWELL, G. **The Thousand-Yard Model or, The Earth as a Peppercorn**. NAO Educational Outreach Office – National Optical-Infrared Astronomy Research Laboratory. Raynham: Universal Workshop, 1989. Disponível em: <<https://www.noao.edu/education/peppercorn/pcmain.html>>. Acesso em: 03 out. 2020.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC). **Base científica das mudanças climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças

Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp, 2014.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC). **Mudanças Climáticas e Cidades**. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil, 116 p. 2016.

PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Política de Resíduos Sólidos do Estado do Paraná**. Curitiba, 2010. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=57>> . Acesso em: 28 abr. 2019.

PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2017**. Curitiba, 2018.

PARANÁ. Secretaria do Desenvolvimento Urbano. **Atlas das Cooperativas e Associações de Catadores de Materiais Recicláveis da Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 2018.

PECORA, V.G.; VELÁZQUEZ, S.M.S.G.; COELHO, S.T. Aproveitamento de biogás proveniente de aterro sanitário para geração de energia elétrica em São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 7., São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, p. 1249-1261, 2010.

PERSSON, M.; JÖNSSON, O.; WELLINGER, A. Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection. **IEA Bioenergy**, Task 37 – Energy from Biogas and Landfill Gas, 2006. Disponível em: <http://task37.ieabioenergy.com/files/daten-redaktion/download/publi-task37/upgrading_report_final.pdf>. Acesso em: 19 set. 2019.

PHILIPPI Jr., A., TUCCI, C.E.M., HOGAN, D. J., NAVEGANTES, R. **Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais**. São Paulo: Signus Editora, 2000.

POLETTI, M.; KOLLER, S. H. **Contextos ecológicos: promotores de resiliência, fatores de risco e de proteção**. Estud. psicol. (Campinas), Campinas, v. 25, n. 3, p. 405-416, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-166X2008000300009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 mar 2021

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; HUNGLER, B. P. Fundamentos de pesquisa em enfermagem: métodos, avaliação e utilização. In: **Métodos de pesquisa**. [organizado por] Tatiana Engel Gerhardt e Denise Tolfo Silveira. UAB/UFRGS e SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

PRICE, E. C., CHEREMISINOFF, P. N. **Biogas** – Production and utilization. New York, 1981.

QUIJANO, A. Coloniality and Modernity/Rationality. In Goran Therborn, ed. **Globalizations and Modernities**. Stockholm: FRN, 1999.

RAPOSO, F.; DE LA RUBIA, M. A.; FERNÁNDEZ-CEGRÍ, V.; BORJA, R. Anaerobic digestion of solid organic substrates in batch mode: An overview relating to methane yields and experimental procedures. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Volume 16, Issue 1, Pages 861-877,

2012. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111004588>>. Acesso em: 24 ago. 2020.

RAYZER L.; MEIRELLES M. **A produção de energias renováveis e alternativas no Brasil e no Canadá**: agentes, redes e inovação. In XIV Congresso Brasileiro de Sociologia (SBS), Rio de Janeiro, 2009.

ROCAMORA, I.; WAGLAND, S. T.; VILLA, R.; SIMPSON, E. W.; FERNÁNDEZ, O.; BAJÓN-FERNÁNDEZ, Y. Dry anaerobic digestion of organic waste: A review of operational parameters and their impact on process performance. **Bioresource Technology**, Volume 299, 2020. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852419319108>>. Acesso em: 13 nov. 2020.

ROSTOW, W.W. **The Stages of Economic Growth: A Non-Communist Manifesto** (Cambridge University Press, 1960). Chapter 2: The Five Stages Of Growth, a Summary (pp. 4 - 16), 1960.

SACCARO JR, N.; COELHO FILHO, O. Cidades resilientes e o ambiente natural: ecologia urbana, adaptação e gestão de riscos. In: **O estatuto da cidade e a Habitat III**: um balanço de quinze anos da política urbana no Brasil e a Nova Agenda Urbana. Brasília, Ipea, 2016.

SACHS, I. **Desenvolvimento incluyente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

SANTOS, B. de S. **Semear outras soluções**: os caminhos da biodiversidade e dos conhecimentos rivais. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.

SANTOS, B. S. Os processos da globalização. In.: **A globalização e as ciências sociais**. São Paulo: Cortez Editora, 2011.

SANTOS, B. S.; MENESES, M. P. **Epistemologias do sul**. São Paulo: Almedina, 2010.

SANTOS, B. S. **A gramática do tempo**: para uma nova cultura política. São Paulo: Cortez, 2006.

SERVIÇO NACIONAL DA INDÚSTRIA – PARANÁ (SENAI PR). **Oportunidades da Cadeia Produtiva de Biogás para o Estado do Paraná**. Curitiba: Senai/PR, 2016

SILVA, C. L., BIERNARSKI, I. **Avaliação das políticas públicas de resíduos sólidos urbanos em três metrópoles brasileiras**. Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, 2017.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa e Suas Implicações para as Metas do Brasil – 1970 a 2018 – Relatório Síntese 2019**. São Paulo: Observatório de Clima, 2019.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Dados Setoriais**. Disponível em: <<http://plataforma.seeg.eco.br/sectors/residuos>>. Acesso em: 06 jan. 2020.

SMITH, A.; BROWN, K.; OGILVIE, S.; RUSHTON, K.; BATES, J. **Waste Management Options and Climate Change. Final Report ED21158R4.1** to the European Commission, DG Environment, AEA Technology, Abingdon, Oxfordshire, 2001.

SPIRN, A.W. - **Ecological Urbanism: a Framework for the Design of Resilient Cities**. ECOURBANISM, 2012.

STEFFEN, W.; GRINEVALD, J.; CRUTZEN, P.; MCNEIL, J. **The Anthropocene: Conceptual and Historical Perspectives**. Philosophical Transactions of Royal Society A, 369, 842-867, 2011. Disponível em: <https://www.scirp.org/pdf/OALibJ_2017072717120787.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2019.

TAMDJIAN, J. O. **Geografia: estudos para a compreensão do espaço – como funciona o mundo**. 6º ano. São Paulo: FTD, 2012.

TEISSERENC, P. **As políticas de desenvolvimento Local, abordagem sociológica**. Paris: Editora Econômica, Coleção Coletividades Territoriais, 1994.

THEMELIS, N. ULLOA, P. (2007). Methane generation in landfills. **Renewable Energy**. 32. 1243-1257. 10.1016, 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148106001091>>. Acesso em 22 abr 2020.

UNITED NATIONS (UN). **CDM Methodology** – Booklet. Clean Development Mechanism – Framework Convention on Climate Change. Bonn, 2018.

UNITED NATION ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP). Life Cycle Initiative. **Towards a Life Cycle Sustainability Assessment: Making informed choices on products**. UNEP/SETAC/Life Cycle Initiative, 2012.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA (UNESCO). **Universities and environmental education**. Paris, 1986.

UTRECHT UNIVERSITY, MWH BV. **The potential for Waste Management in Brazil to Minimize GHG Emissions and Maximize Re-use of Materials**. Arnhem, 2012.

VIOLA, E. J. Perspectiva da Governança e Segurança Climática Global. **Plenarium**, v.5, n.5, p. 178 - 196, out., 2008

WHITE, L. A. **The Evolution of Culture**. New York: McGraw Hill, 1959.

WHITE P.; FRANKE M.; HINDLE P. **Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory**. New York: Chapman & Hall. 1999.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. New York: Sage Publications, 1990.

ZANIRATO, S. H.; RAMIRES, J. Z. S.; AMICCI, A. G. N.; RIBEIRO, Z. M.; RIBEIRO, W. C. Sentidos do risco: Interpretações teóricas. **Revista Bibliográfica de Geografia Y Ciencias Socialies**, Serie documental de Geo Crítica, Universidad de Barcelona, Vol. XIII. Nº 785, 25, 2008. Disponível em: <www.ub.es/geocrit/b3w-785.htm>. Acesso em: 22 jun. 2019

ZANONI, M. **Práticas Interdisciplinares em Grupos Consolidados, Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais**. Philippi Jr., A.; Tucci, C. E. M.; Hogan, D. J. R. Navegantes. São Paulo: Signus Editora, 2000.

ANEXO 1

METODOLOGIA DE CÁLCULO PARA EMISSÕES DE METANO DE LOCAIS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (SEEG)

A abordagem SEEG para estimar as emissões de CH₄ baseia-se no método de compromisso com o metano, apresentado na equação a seguir, que pressupõe que todo o conteúdo orgânico degradável (DOC) em um ano específico decaia e produz metano imediatamente.

$$\text{CH}_4 \text{ emissions} = \sum [\text{MSW}_t \times \text{MSW}_f \times L_0 \times (1 - F_{rec}) \times (1 - OX)]$$

Onde: *Emissões de CH₄*: CH₄ emitido no ano T (toneladas); *RSU_t*: Quantidade de resíduos descartados (toneladas); *RSU_f*: Fração de RSU dispostos no SWDS; *L₀*: Potencial de geração de metano (CH₄ toneladas / toneladas de RSU); *F_{rec}*: Fração de metano recuperado no aterro (queima ou recuperação de energia); *OX*: fator de oxidação.

Dados da atividade

Total de resíduos sólidos urbanos (RSU_t) e a fração de RSU enviados para SWDS (RSU_f)

A quantidade de resíduos descartados foi calculada multiplicando a população urbana pela taxa de coleta per capita de cada região brasileira. Esses valores foram obtidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); para dados históricos sobre taxa de cobrança, usamos o inventário nacional e correlações matemáticas. Finalmente, nos últimos anos, foram utilizados dados da ABRELPE.

A avaliação histórica da gestão brasileira de resíduos sólidos, observada no período de 1970 a 2015, permitiu obter a fração de RSU enviados à SWDS e a prática de gestão nesses locais de disposição. O Brasil introduziu práticas de aterro sanitário, mais significativamente, nos anos 90. Em 1991, apenas cerca de 4,3% do MWS foi descartado adequadamente em aterros gerenciados.

Outras práticas de gerenciamento de resíduos, como compostagem e digestão anaeróbica, ainda são insignificantes em escala nacional. Além disso, é importante ressaltar que esse panorama apresenta altas discrepâncias regionais, onde a região Sudeste do Brasil apresenta o maior acesso a serviços básicos, em contraste com a região Norte que apresenta os menores índices. Essa característica foi incorporada na estimativa do SEEG.

Fração de metano recuperado (Frec)

A fração de metano recuperado para cada estado foi obtida, para o período de 2003 a 2010, por meio do relatório de referência e extrapolada para os anos subsequentes. De acordo com o MCTI 97, antes de 2003, as medidas de recuperação e queima de CH₄ em um flare ou dispositivo de energia não eram significativas no Brasil.

Fator de oxidação (OX)

O OX reflete a quantidade de metano que é oxidada no solo ou em outro material do SWDS 12. Sites bem gerenciados tendem a ter uma taxa de oxidação mais alta do que sites de despejo não gerenciados. Para aterros não gerenciados, o projeto SEEG utilizou o valor padrão zero e para aterros gerenciados, o valor de oxidação de 0,1 foi aplicado.

Potencial de geração de metano (L₀)

A base para o cálculo do potencial de geração de metano é definida na seguinte equação:

$$L_0 = MCF \times DOC \times DOC_f \times F \times 16/12$$

Onde: L_0 : potencial de geração de CH₄ (toneladas de CH₄ / toneladas de desperdício); MCF : CH₄ factor de correção (fraco); DOC : carbono orgânico degradável no ano de deposição (toneladas C / toneladas RSU); DOC_f : Fração de DOC que pode ser decomposta (fração) - Com base nas recomendações do IPCC e MCTI a fração de carbono orgânico degradável que decompõe (DOC_f) o valor padrão é 0,5.; F : Fração de CH₄ no gás de aterro gerado (fração de volume) - A composição do gás gerado no SWDS é de aproximadamente 50% de metano. O valor padrão usado foi 0,5.

MCF (fator de correção de metano)

O MCF refere-se à fração de resíduos degradados anaerobicamente, esse fator leva em consideração o fato de que os SWDS não gerenciados produzem menos CH₄ do que os sites gerenciados anaeróbicos. De acordo com o IPCC 12, o MCF para cada categoria é:

- Gerenciado = 1,0
- Não gerenciado (≥ 5 m de profundidade) = 0,8
- Não gerenciado (<5 m de profundidade) = 0,4

DOC (conteúdo orgânico degradável)

O conteúdo orgânico degradável (DOC) foi calculado usando uma regressão linear fornecida no relatório de referência do mais recente inventário brasileiro. Considerou várias combinações de composição gravimétrica dos resíduos gerados em diferentes cidades do Brasil, abrangendo o período 1970-2010. Neste estudo, a função apresentada foi extrapolada para os anos seguintes.

$$D O C(t) = a \times t + b$$

Onde: DOC (t): conteúdo orgânico degradável; a: coeficiente angular; b: coeficiente linear; t: ano do inventário.

DOC_f (conteúdo orgânico degradável)

O valor da fração de DOC que pode ser decomposto (DOC_f) utilizado no SEEG é o valor padrão 0,5 (50%), que é baseado nas recomendações do IPCC e MCTI.

F (Fração de CH₄ no gás de aterro gerado)

O valor da fração de CH₄ no gás de aterro gerado (F) (fração de volume) usado no SEEG é o valor padrão 0,5 (50%), que é baseado nas recomendações do IPCC e MCTI.

Para estimar a contribuição de tipos distintos de práticas de gerenciamento no SWDS, o projeto SEEG estimou três seqüências de L_0 para o período de 1970-2015. Cada região brasileira tem um potencial de geração de metano distinto, associado ao seu contexto único e característica de composição de resíduos.

ANEXO 2



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMade – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

No. _____

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO PARANÁ: UM ESTUDO PARA A RESILIÊNCIA DAS CIDADES NA MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS QUESTIONÁRIO – ATERROS SANITÁRIOS

A) NOME E LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

- 1) Nome do Empreendimento: _____
 2) Responsável: _____
 3) CNPJ: _____
 4) Endereço: _____
 5) Cidade: _____ 6) CEP _____
 6) Nome de quem respondeu a pesquisa: _____
 7) Cargo: _____

B) DADOS DO ATERRO SANITÁRIO

- 8) Início da operação: ____/____/____ 9) Início do aproveitamento energético: ____/____/____
 10) Toneladas por dia de RSU: _____ 11) Toneladas por ano de RSU: _____ 12)
 Tipos de Resíduos: _____
 13) Área do Aterro Sanitário: _____
 14) Área de captação de biogás: _____

C) TECNOLOGIAS DE CAPTAÇÃO DO BIOGÁS

- 15) Quantidade de poços: _____ 16) Nº. de linhas principais: _____
 17) Nº. De motores de sucção: _____
 18) Sistema de pré-tratamento: _____
 19) Sistema de Flare: _____
 20) m³/h de biogás: _____ 21) m³/ano de biogás: _____
 22) Relação média m³ de biogás por tonelada de RSU: _____
 22) Poder calorífico médio do biogás kcal/m³: _____

D) TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

- 23) Característica do Gerador: _____ 24) Q. De geradores: _____
 25) Vazão m³/h: _____ 26) Potência kW: _____ 27) Eficiência: _____
 28) Energia gerada kWh/dia: _____ 29) Energia gerada GWh/ano: _____

E) REDUÇÃO DE EMISSÕES

- 30) Qual a redução anual emissões gerais? _____
- 31) O empreendimento participa de algum projeto MDL? _____
- 32) Qual a metodologia MDL utilizada? _____
- 33) Qual a RDE – Redução Certificada de Carbono / ano (tCO₂e)? _____
- 34) Qual a RDE desde o início da operação (tCO₂e)? _____

F) DADOS ECONÔMICO-FINANCEIROS

- 35) Qual o investimento no empreendimento? _____
- 36) Houve financiamento? _____ Qual? _____
- 37) Há incentivos fiscais? _____ Quais? _____
- 38) Qual o faturamento anual do empreendimento? _____
- 39) Qual o tempo de retorno do investimento previsto? _____
- 40) Existe faturamento com venda de créditos de carbono? _____
Quanto? _____

G) DADOS SÓCIO-AMBIENTAIS

- 41) Quantos postos de trabalho foram gerados através do projeto? _____
- 42) Qual a distância de comunidade/habitações circunvizinhas ao aterro? _____
- 43) Quais as ações desenvolvidas para inclusão social dos catadores? _____

- 44) Existem nascentes próximas ao aterro? _____
- 45) Há presença de rios próximos ao aterro? _____
- 46) Há monitoramento da água subterrânea? Como? _____

- 47) Qual o tratamento dado ao chorume gerado pela decomposição biológica do resíduo? _____

- 48) Qual o volume médio diário de chorume gerado? _____
- 49) Existe algum programa de educação ambiental destinados às comunidades? _____

- 50) Existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno? _____

- 51) São pagos *royalties* pela exploração dos RSU? _____

H) OBSERVAÇÕES

ANEXO 3



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMade – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Nº 01

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA

Entrevistado: **Dr. Eduardo Luiz Peters**Data da Entrevista: **17/06/2020**

Atividade Profissional: Procurador de Justiça Aposentado (2018) do Ministério Público do Paraná.
Professor do Programa de Mestrado Profissionalizante em Gestão Urbana e Industrial – POSMAU / UFPR

Formato: Resposta escrita

1) A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos colocou o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal. Como o(a) Sr.(a) observa esse instrumento de Política Pública?

Depois da elaboração da Política Nacional do Meio Ambiente, no ano de 1981, que é a matriz do modelo de desenvolvimento sustentado adotado incipientemente pelo Brasil nos anos 80, a Política de Resíduos Sólidos e a de Saneamento, sem esquecer de recursos hídricos, é a mais relevante.

Importante frisar, no meu entendimento, as políticas ambientais não são estanques, ao contrário, são sinérgicas, tal qual os impactos ambientais, e assim não é melhor caminho enxergá-las ou aplicá-las de forma isolada.

A ideia força da PNRS, no meu ver, é que o gerador de resíduos se torna eternamente responsável pelos mesmos, o que não reduz em nada a responsabilidade individual e doméstica.

2) Entretanto, é preciso destacar que é complexa a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, dessa forma, muitos municípios brasileiros não estão cumprindo o proposto na PNRS, nem os prazos estipulados para encerramento dos lixões. Quais os motivos, em sua opinião?

A fragilidade do modelo brasileiro está na distribuição das competências para executar a PNRS, que recai integralmente sobre o Município, juntamente com outras diversas atribuições na área ambiental, que geralmente não tem arrecadação tributária suficiente para prestar todos os serviços públicos relevantes, dado que o sistema tributário nacional carrega a maior parte dos recursos para a União.

Importante recapitular que na História Federativa brasileira nem sempre o Município integrou politicamente a Federação, só se consolidando como ente e célula federativa na Constituição de 1988. Assim a autonomia municipal para legislar, formular políticas públicas e executar serviços é recente, além do fato de muitos municípios serem novos, recém criados.

Ademais há municípios mal criados, isto é, instituídos por iniciativa de Assembleias Legislativas Estaduais sem estudo criterioso de viabilidade financeira e econômica, o que

resultou, evidentemente, em municípios que não tem sustentabilidade orçamentária, que não se sustentam nas próprias pernas.

Igualmente se constata falta de vontade política e falta de educação ambiental, essa última compromete o avanço de qualquer programa sério de coleta diferenciada, separação, reciclagem eficiente, reutilização etc.

3) Especificamente os números do Paraná revelam um total anual de 3,47 milhões de toneladas, coletados em 2017. (100% dos municípios realizam coleta na área urbana e 72% dos municípios realizam coleta na área rural). Porém, observa-se que 40% dos municípios ainda tem disposição inadequada dos seus RSU (Fonte: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2017). Em sua opinião, por que isso ainda ocorre?

Tomando como corretos os números acima, ou independente mesmo de números, reitero a resposta/opinião lançada na questão anterior (nº 2)

4) Especificamente na Região Metropolitana de Curitiba, um ambiente bastante urbano, qual a situação dos aterros do Caximba e da Fazenda Rio Grande?

O Aterro da Caximba deixou de receber o “lixo” de Curitiba e mais 17 municípios da Região Metropolitana há quase 10 anos, porém ainda cumpre o Plano de Encerramento aprovado pelo então Instituto Ambiental do Paraná, com relação à drenagem, melhoria de tratamento do chorume, monitoramento geotécnico e ambiental e de vigilância.

Ainda está previsto a criação de um Parque municipal na Região da Caximba. O mais importante, no meu ponto de vista, é o aproveitamento que deve ser feito do biogás acumulado no aterro, que se por um lado representa perigo constante e deve ser monitorado 24 horas por dia (manter os queimadores de gases acesos diuturnamente), sob pena de explosões e incêndios, por outro lado representa um grande potencial energético ainda desperdiçado.

Após o fechamento do Aterro da Caximba, o modelo adotado foi a contratação de empresas privadas (via licitação) que possuam áreas (igualmente privadas) para destinação dos resíduos de natureza doméstica não recicláveis.

Porém pouco avançou o processo de educação ambiental e a efetiva separação dos resíduos (pelo menos em 2 categorias: recicláveis e orgânicos), o que dificulta a reciclagem e outras formas de aproveitamento desse grande montante de resíduos (que se contam aos milhares de toneladas), de tal maneira que uma parte significativa de resíduos dispostos nos aterros atuais são perfeitamente recicláveis, reutilizáveis, ou deveriam ser objeto de logística reversa.

Além do mais, como as empresas que coletam, transportam e depositam nos aterros sanitários são remuneradas por peso (por tonelada), não é de se esperar que tenham algum interesse em colaborar na redução do volume e reciclagem.

Evidentemente falta visão de cadeia produtiva e de cadeia de geração de resíduos, pois as mudanças devem começar na indústria (menos embalagem, embalagens degradáveis ou recicláveis, menos plástico) e prosseguir no comércio (deixar de fornecer sacolas de plástico para acondicionar e transportar os produtos vendidos) e segue com o consumidor, figura chave que não despertou para seu papel na relação de produção e consumo.

5) A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece o compromisso voluntário brasileiro de redução do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Em sua opinião, o Brasil atingirá essa meta?

Já estamos em 2020 e parece que estamos longe das metas traçadas. Mas é fundamental o envolvimento das cidades na redução de emissões, sem adesão dos municípios nada ou pouco será alcançado. E a boa gestão de resíduos é chave nesse campo de emissões, começando por reduzir o desperdício orgânico, aproveitando ao máximo seu potencial em biodigestores municipais.

6) E como o Paraná está contribuindo para essa meta?

Não tenho conhecimento ou dados confiáveis para opinar com convicção e segurança sobre este tópico.

7) O Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa a incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil. Estabelece que entre as maiores oportunidades de mitigação está a recuperação de metano em aterros sanitários para fins de aproveitamento energético. Como o Paraná está nesta questão?

Não obstante me faltem dados e conhecimento, eis não venho acompanhando de perto esta situação, posso afirmar que diante do potencial energético dos aterros sanitários instalados no Paraná, é ínfimo o aproveitamento.

8) Desses, 5 aterros possuem aproveitamento de gases, a verificar de que tipo, qual tecnologia e quais os benefícios. Estão nas cidades de: Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo (Fonte: SNIS). O(A) Sr.(a) confirma esses dados? E por que somente esses municípios estão utilizando esta tecnologia?

Não tenho informações e nem conhecimento suficiente para confirmar esses dados ou para responder por que motivos apenas alguns poucos municípios estão utilizando ou aproveitando os gases de aterros.

9) O Paraná é um estado com forte vocação agropecuária. No ano de 2018 o Paraná emitiu um total de 66.255.324 CO₂e(t). O setor de agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes e dejetos de animais) é o principal emissor de GEE com 47,0%. Não seria uma oportunidade?

Sem dúvida alguma o agronegócio se destaca na economia paranaense, com expressiva produção e industrialização de aves e suínos, além da soja e do milho. A suinocultura³⁰, por exemplo, apesar da importância econômica, gera um grande passivo ambiental em razão do volume de dejetos que se acumulam na natureza e geração de gases de efeito estufa (GEE), especialmente o metano e o óxido nitroso.

Há diversas pesquisas e estudos científicos apontando para a viabilidade do aproveitamento do potencial energético do biogás³¹ derivado da atividade agropecuária no Estado do Paraná.

Além de vender a carne e derivados, os produtores podem vender o biogás, o que representa economia e solução ambiental, o que já se tornou realidade no Município de Entre Rios, no Oeste do Paraná, com investimentos da ITAIPU e COPEL.

Muitos prédios públicos municipais estão sendo abastecidos com essa energia proveniente da suinocultura, gerando também economia para o erário.

Eis uma grande oportunidade de negócios que fazem bem para a economia e meio ambiente.

10) No setor de Resíduos Sólidos Urbanos observa-se um potencial de inserção anual de 398,31 GWh no Paraná, provenientes de “resíduos novos”. Em sua opinião, por que outros estados estão mais avançados que o Paraná?

Não detenho informações e nem conhecimento para opinar a esse respeito.

11) No Paraná alguns municípios têm estruturas de política e gestão de resíduos bastante alinhados com a PNRS, mas falta o envolvimento de outros setores da sociedade para transformar um problema coletivo em uma alternativa. Como está a experiência com a CS bioenergia – Sanepar?

Não estou a par.

³⁰ A produção de suínos é uma das principais atividades econômicas do Estado. De acordo com dados da Secretaria de Estado da Agricultura, o Paraná produziu 840 mil toneladas de carne suína em 2018, o que representa 21,3% da produção brasileira que é de 3,9 milhões de toneladas.

³¹ <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3957>

12) E essa nova usina de biogás que será construída em Ponta Grossa?

Não estou a par.

13) Existem Programas de incentivos e de fomento para aproveitamento do biogás de RSU para municípios e para a iniciativa privada?

Sim, além do programa nacional conhecido por RENOVABIO, o Paraná aprovou uma Política Estadual do Biogás e Metano que instituiu incentivos para aproveitamento energético de dejetos e resíduos da agropecuária, pelos produtores rurais, que podem converter esses potenciais (muitas vezes passivos ambientais) em energia elétrica comercializável. Também há linhas de financiamento de bancos de fomento, como por exemplo, BRDE.

14) Com relação a Créditos de carbono e projetos MDL. O Paraná incentiva esses projetos para mitigação das Mudanças Climáticas?

Sem dúvida alguma, existem programas, instituições e linhas de crédito, além de algumas leis, ainda tímidas, incentivando a inovação tecnológica (mecanismos de desenvolvimento limpo), energias renováveis, reciclagem, aproveitamento energético etc. Mas se pode ir muito mais longe quando se resolver usar a tributação, em sua dinâmica extrafiscal, para de fato inibir atividades degradadoras e estimular (até isentar de impostos) as atividades e produtos reciclados, por exemplo, e a chamada indústria limpa, comprometida com a menor geração de resíduos e carbono.

15) Existe um plano de integração de experiências entre os municípios, como treinamento gestores municipais para essa área específica?

Até onde conheço e acompanho, não.

16) Nos casos em que essa experiência está sendo feita, existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?

Não tenho conhecimento.

17) Comentários livres:

A minha trajetória profissional (no Ministério Público e na Academia) me propiciou estudar e experimentar e compreender que o desafio do desenvolvimento equilibrado é um dos maiores, senão o maior que se apresenta à inteligência e à ciência. E dentro disso, no mundo pós revolução industrial e tecnológica, da produção e consumo em massa, surge a ameaça da poluição, que tem entre seus vetores a geração dos mais variados tipos de resíduos.

O que fazer e como fazer com esses diversos tipos de resíduos é uma pergunta que demanda: conhecimento, tecnologia, política, legislação e gestão, mas antes de tudo educação.

Interesses sociais e econômicos se contrapõem num primeiro momento dessa história, que depois se transportam para a política e direito, para a produção e consumo.

Do ponto de vista do desenho político constitucional, o Brasil adotou a República Federativa como forma de governo e estado, elegendo o Município célula da administração pública encarregado da gestão dos resíduos (de cuidar do "lixo"), no que me parece que acertou, pois ainda que seja um problema global, só se resolve a partir de cada casa, de cada família e de cada cidade. Até aqui a solução é de uma lógica irrefutável.

Mas por que até agora, quando já completa uma década da edição da PNRS, não está nem equacionada a solução gerencial para os resíduos sólidos?

Ousaria dizer ou apontar algumas causas impeditivas da solução:

1. Falta de educação política, déficit de cidadania e conseqüente falta de consciência e cultura para compreensão e atuação individual responsável;

2. Falta educação para o consumidor, que assim não descobriu seu papel e poder diante do mercado, que resiste às inovações que requerem investimentos, uma vez que se debate com altos encargos sociais e tributários e com a burocracia pesada e ineficaz do Estado;
3. Falta educação tributária para a compreensão do custo e do preço praticado, bem como transparência da administração pública tanto na arrecadação como no gasto público;
4. Falta proporção no sistema tributário nacional entre o que se arrecada e a distribuição das receitas entre os entes da federação, de tal sorte que o Município tem a maior carga de serviços públicos a cumprir (inclusive a gestão dos resíduos sólidos) e a menor competência para instituir e cobrar impostos, o que torna difícil, senão impossível, a tarefa em comento.
5. Falta qualificação para os gestores públicos maiores, o que se traduz na má administração pública, a começar pelos municípios, com a preponderância nefasta de critérios políticos sobre a melhor técnica;
6. Por fim, a boa gestão dos resíduos é prejudicada também pelo modelo eleitoral baseado em financiamento privado das campanhas, cada vez mais caras, que depois, não raras vezes, cobra a conta ou exige a moeda de troco na forma de concessões e permissões para explorar serviços públicos, inclusive na seara de coleta, transporte e tratamento de “lixo”. As vezes esse é o germe da corrupção, prima irmã da poluição.

Por ora é isso.

Curitiba, junho de 2020 – Edson Luiz Peters.



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMade – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Nº 02

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA

Entrevistado: **Dr. Saint Clair Honorato Santos**Data da Entrevista: **17/06/2020**

Atividade Profissional: Procurador de Justiça do Ministério Público do Paraná.
Ex-coordenador do Centro de Apoio Operacional às Promotorias
de Proteção ao Meio Ambiente - CAOPMA
Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento - UFPR

Formato: Áudio transcrito

1) A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos colocou o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal. Como o(a) Sr.(a) observa esse instrumento de Política Pública?

O Brasil realmente está num patamar que poderia se equiparar aos países desenvolvidos, em termos escritos, não em termos de ação ou em termos práticos. Embora exista a coleta de resíduos o cumprimento integrar da PNRS não vem sendo levada a efeito porque não há separação adequada dos resíduos. Muitos dos resíduos que poderiam ser reaproveitados estão indo para os aterros. Então, se a separação não é adequada, certamente também não cumpre adequadamente a PNRS.

2) Entretanto, é preciso destacar que é complexa a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, dessa forma, muitos municípios brasileiros não estão cumprindo o proposto na PNRS, nem os prazos estipulados para encerramento dos lixões. Quais os motivos, em sua opinião?

A questão dos resíduos está voltada a uma licitação, que os municípios fazem, a um preço que já é estipulado pelo mercado. As empresas se habilitam e “a gente entra” nesta roda viva de não procurar cumprir a PNRS. Nem mesmo os editais de licitação, acredito que não sejam completos, exigindo todo o cumprimento da política. Ou seja, reciclagem, compostagem e eventual disposição final em aterro.

Ainda, há um componente político, com as empresas, etc, que precisaria de um aprofundamento maior se essas licitações ocorrem efetivamente dentro da regularidade, dentro da normalidade que elas deveriam ocorrer.

3) Especificamente os números do Paraná revelam um total anual de 3,47 milhões de toneladas, coletados em 2017. (100% dos municípios realizam coleta na área urbana e 72% dos municípios realizam coleta na área rural). Porém, observa-se que 40% dos municípios ainda tem disposição inadequada dos seus RSU (Fonte: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2017). Em sua opinião, por que isso ainda ocorre?

Não há efetivo cumprimento da PNRS, retornando à questão anterior, porque não há uma forma correta de coleta e disposição final. Não se coleta separadamente. Pode-se inclusive coletar com um único caminhão fazer as duas coletas: o resíduo reciclável e o orgânico; apenas adaptando uma carretinha. O Ministério Público tem um manual de

compostagem e reciclagem que foi feito para os municípios, para que eles pudessem se adaptar.

Não fazem por essas outras questões: não há interesse, não querem discutir com seus cidadãos, não querem entrar em confronto com seus cidadãos (aqueles que não separam adequadamente, etc). E por isso a PNRS fica muito no “termo doméstico”, são cidades às vezes pequenas e os prefeitos não tem interesse em ficar discutindo com o munícipe para que ele cumpra, efetivamente, seu dever de cidadão. Sempre ressaltando que a responsabilidade pelos resíduos sólidos não é do cidadão, é do administrador público.

O administrador público é que tem que endereçar a política ao cidadão. Então, quando “você fura um sinal vermelho, você paga multa. Então se você não separa o lixo, você também tem que pagar uma multa”. Então o administrador público tem que tomar essa providência. Não é “ficar dando tapinha nas costas do cidadão, dizendo que: ah, ele tem que ser orientado; ah tem que trabalhar com as crianças, porque com o adulto não adianta”. Não, o adulto é que adianta! O adulto que é o responsável a ensinar as crianças e não as crianças ensinar os adultos, como se fala comumente.

4) Especificamente na Região Metropolitana de Curitiba, um ambiente bastante urbano, qual a situação dos aterros do Caximba e da Fazenda Rio Grande?

O Caximba tem problemas, foi multado pelo órgão ambiental, tem vazamento de chorume, etc. Fazenda Rio Grande “è você colocar todos os resíduos no mesmo local”. É um absurdo total! Porque você, segundo os economistas, para você trabalhar em consórcio, a maior distância seria 30 km. Balsa Nova e outros municípios estão longe, como Rio Branco do Sul “fazem o passeio do lixo”, levando tudo para um lugar só, quando poderia ter os aterros nos próprios municípios, cumprindo efetivamente a política e certamente o custo até seria mais baixo.

5) A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece o compromisso voluntário brasileiro de redução do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Em sua opinião, o Brasil atingirá essa meta?

O Brasil se associa a qualquer tipo de política. O problema no Brasil é que “você cacareja mas não realiza”. O Brasil fala, fala, fala mas não executa as políticas. Então, não adianta ir nas reuniões internacionais, trazer para dentro do país, aprovar a legislação aqui; e ela não é cumprida efetivamente. Então, nós temos esse defeito grave: de ter boas intenções, mas não cumprimos a legislação.

6) E como o Paraná está contribuindo para essa meta?

Há um comitê, também aqui no Paraná, de Mudanças Climáticas, que eu não sei como funciona.

7) O Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa a incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil. Estabelece que entre as maiores oportunidades de mitigação está a recuperação de metano em aterros sanitários para fins de aproveitamento energético. Como o Paraná está nesta questão?

Como eu prefiro mais a compostagem, porque acho que resolve não ter lá uma disposição em aterro e efetivamente não produz chorume, etc. Então, a compostagem controlada, para mim, é mais interessante do que o aproveitamento do gás metano em aterro. Então, essa é uma discussão técnica e tem que se fazer até para ver qual é o melhor encaminhamento. Mas, entendo que simplesmente jogar os rejeitos lá para fazer captação de gás não é o cumprimento da política.

8) Desses, 5 aterros possuem aproveitamento de gases, a verificar de que tipo, qual tecnologia e quais os benefícios. Estão nas cidades de: Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo (Fonte: SNIS). O(A) Sr.(a) confirma esses dados? E por que somente esses municípios estão utilizando esta tecnologia?

Não respondida.

9) O Paraná é um estado com forte vocação agropecuária. No ano de 2018 o Paraná emitiu um total de 66.255.324 CO₂e(t). O setor de agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes e dejetos de animais) é o principal emissor de GEE com 47,0%. Não seria uma oportunidade?

Na agropecuária, nós temos a criação extensiva de animais e isso causa poluição difusa. Onde você tem a concentração dos animais: como frango, como porcos, etc, você pode fazer desses locais um ponto de captação. Já se está fazendo no Sudoeste exatamente pelo sentido inverso. Pelo combate à poluição e não pela utilização daquele metano. A “gente” já fez vários e vários experimentos, já começamos e outras ocasiões, mas não conseguimos avançar adequadamente. Mas já tem boas experiências lá na região do Oeste em relação a esse aproveitamento de resíduos produzindo metano fruto dessas criações intensivas.

10) No setor de Resíduos Sólidos Urbanos observa-se um potencial de inserção anual de 398,31 GWh no Paraná, provenientes de “resíduos novos”. Em sua opinião, por que outros estados estão mais avançados que o Paraná?

Essa pergunta incorpora na anterior.

11) No Paraná alguns municípios têm estruturas de política e gestão de resíduos bastante alinhados com a PNRS, mas falta o envolvimento de outros setores da sociedade para transformar um problema coletivo em uma alternativa. Como está a experiência com a CS bioenergia – Sanepar?

A Sanepar quer entrar num modelo de gerenciamento de resíduos sólidos. Então essa bioenergia houve reclamações com respeito à sua constituição societária no Tribunal de Contas. Precisa-se analisar como isso está, porque parece que foi feito de forma irregular. E eu acho que a Sanepar, se ela cuidar da água, ela já faz muito. Agora entrar na de resíduos, também, me parece que é mais um filão econômico do que, efetivamente, usar uma boa política.

12) E essa nova usina de biogás que será construída em Ponta Grossa?

De Ponta Grossa, não conheço, não sei qual é a tecnologia e assim, não posso comentar.

13) Existem Programas de incentivos e de fomento para aproveitamento do biogás de RSU para municípios e para a iniciativa privada?

As usinas de aproveitamento de resíduos através da compostagem, elas se pagam com o investimento. O que precisa é os Municípios aportarem os recursos. Com 13 milhões, à época (5 anos atrás), se fazia uma usina para Foz do Iguaçu e ela se pagava. Então, qualquer município pode fazer esse investimento. Os prefeitos não fazer por causa daquela questão da licitação envolvendo outros interesses que deveria ser melhor aprofundado.

14) Com relação a Créditos de carbono e projetos MDL. O Paraná incentiva esses projetos para mitigação das Mudanças Climáticas?

Pode-se aproveitar, também, esse investimento e se utilizar de crédito de carbono, que também ajuda a abater o investimento em programas de resíduos sólidos.

15) Existe um plano de integração de experiências entre os municípios, como treinamento gestores municipais para essa área específica?

No Ministério Público, há uns 6 anos, nós fizemos um treinamento para todos os gestores municipais, incluindo Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria de Educação, Secretaria de Saúde e Secretaria de Agricultura. Treinamento sobre compostagem e reciclagem. Elaboramos cartilhas e disponibilizamos os estudos aos municípios. Depois, fizemos outra rodada treinando um funcionário de cada município, dessas áreas já citadas, para que os funcionários, que fossem efetivos e não só comissionados, também participassem dessa discussão. E ainda, tem que colocar nesta discussão, o envolvimento com as associações de catadores, porque fazem a reciclagem, tem que receber por isso, recebe pagamento por isso. Tibagi é um dos municípios que administra.

Nós temos outros exemplos de compostagem no estado que devem, também, serem avaliados. Para concluir em relação a essa pergunta, os municípios não tem vontade política, não tem interesse de fazer. A comunidade não é orientada para isso. Não há programas de Educação Ambiental. A comunidade, também, não exige, ou não sabe exigir porque não é orientada. Então, os administradores fazem aquilo que eles querem. Tanto que nós temos aqui a “nata da inteligência paranaense” em Curitiba, que convive com um consórcio e que estamos engatinhando na questão da coleta seletiva, da compostagem e da reciclagem. Embora a gente tivesse conseguido que, pela administração Gustavo Fruet, se começasse a pagar os catadores pela coleta. O que já foi um grande avanço.

Eu entendo que deveria um profissional habilitado no município para tratar da questão dos resíduos sólidos. Funcionário efetivo e concursado. Que fosse um técnico formado para esse tipo de discussão, porque senão, as coisas não avançam no município. Quando não se tem um técnico especializado, não tem alguém que determine uma política, não tem o plano de gerenciamento de resíduos sólidos discutido com a comunidade, com a participação dos catadores. Endereçando isso, inclusive, para que os catadores assumam efetivamente esse trabalho. Que é o que diz a política e que nós precisamos cumprir. A partir do momento que essas coisas forem colocadas nos seus devidos lugares, quem sabe a gente avance um pouco mais.

16) Nos casos em que essa experiência está sendo feita, existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?

Não conheço experiência de investimento para as comunidades do entorno. O consórcio é uma forma de criar um grande problema. Você tira de um lugar, coloca tudo num só, concentra o problema, aumenta os custos e é isso que se quer. Nós temos trabalhado com a ideia de que cada município administre o seu aterro, porque ele é pequeno, fácil de administrar, mas com uma lógica, cumprindo a política: compostagem, reciclagem e participação dos catadores. Através da votação do plano de gerenciamento de resíduos sólidos, discutido na Câmara Municipal e devidamente aprovados pela legislatura com discussões públicas a respeito. Para que efetivamente se faça a discussão correta e a sociedade possa se apropriar do que é a legislação de resíduos sólidos. E assim, quem sabe, a gente dê os passos no melhor sentido.

17) Comentários livres:

Como conclusão, ainda nós temos praticamente uma associação de catadores em cada município do Estado do Paraná. Onde não tem catadores, ou que tem 1, 2 ou 3 pelo tamanho do município, normalmente é um catador para cada mil habitantes, dá para se trabalhar com essa média, incentivamos que os trabalhassem em cooperativa. Se “associassem”, mandassem seus resíduos para cidades maiores, vendessem em conjunto e pudessem melhorar a sua renda. Embora sabendo que só isso não resolve o problema dos catadores. Você tem que pagar pelo serviço que eles executam para que essas coisas realmente funcionem.

E nas cidades maiores, há mais associações, com número maior. Maringá, Londrina, Curitiba, etc, porque é uma atividade que dá sobrevivência às pessoas. Numa época dessas de perdas gerais, perdas econômicas, o primeiro lugar que as pessoas vão é procurar o alimento de todo dia. Catar as coisas do lixo para poder vender a um comerciante e comprar o seu alimento. Infelizmente é isso. E de outro lado as pessoas que tem problema com a

justiça acabam sendo abrigadas por essas associações de catadores que fazem um papel fantástico. Os migrantes, também, são apoiados nessas associações, são recebidos como trabalhadores, etc. E tem feito um trabalho excelente que às vezes o Estado não consegue fazer, de assistência social. Aqueles que tiveram problemas com a Lei, muitas vezes estão em situação delicada. E acabam indo até essas associações e encontram pelo menos um trabalho onde eles podem estar ali se alimentando e se defendendo ali no seu dia-a-dia.



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMade – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Nº 03

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA

Entrevistado: **Msc. Vinicio Bruni**

Data da Entrevista: **19/06/2020**

Atividade Profissional: Coordenador de Resíduos Sólidos (2011 a 2018) na Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná.

Formato: Resposta escrita.

1) A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos colocou o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal. Como o(a) Sr.(a) observa esse instrumento de Política Pública?

Considero um documento rico, que traz avanços, porém, infelizmente, deveria ter vindo junto, uma série de medidas e recursos para colocá-la em prática.

2) Entretanto, é preciso destacar que é complexa a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, dessa forma, muitos municípios brasileiros não estão cumprindo o proposto na PNRS, nem os prazos estipulados para encerramento dos lixões. Quais os motivos, em sua opinião?

São vários motivos que levam ao não cumprimento. O despreparo dos nossos administradores públicos, a falta de investimento, incentivos e, principalmente, de vontade política.

3) Especificamente os números do Paraná revelam um total anual de 3,47 milhões de toneladas, coletados em 2017. (100% dos municípios realizam coleta na área urbana e 72% dos municípios realizam coleta na área rural). Porém, observa-se que 40% dos municípios ainda tem disposição inadequada dos seus RSU (Fonte: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2017). Em sua opinião, por que isso ainda ocorre?

Pelos mesmos motivos anteriores. Não querem resolver os problemas. Hoje, temos tecnologia, recursos, porém faltam incentivos e vontade. O que ocorre com o responsável pela destinação se ele não cumprir a lei? Nada.

4) Especificamente na Região Metropolitana de Curitiba, um ambiente bastante urbano, qual a situação dos aterros do Caximba e da Fazenda Rio Grande?

Acredito que Caximba foi explorada mais tempo do que foi dimensionada. Foi encerrado 10 anos a mais do que o previsto. Isso não é muito bom. Fazenda Rio Grande não tenho conhecimento.

5) A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece o compromisso voluntário brasileiro de redução do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Em sua opinião, o Brasil atingirá essa meta?

Se não cumprem medidas mais simples, não creio que conseguirão cumprir as mais complexas. O exemplo de distanciamento interpessoal solicitado é um exemplo da

desobediência geral. Na verdade essa PNMC não é uma política, quando estabelece uma meta que já se sabia que não seria cumprida. E as emissões só aumentaram, de lá para cá.

6) E como o Paraná está contribuindo para essa meta?

Há um esforço, mas nada significativo. O Programa Selo Verde implantado pela SEDEST (antiga SEMA) é interessante, mas quem cumpre são os empresários; e não ganham nenhum benefício ou incentivo. Ouve a criação de um programa chamado “Selo Verde” mas não é um programa bem pensado.

7) O Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa a incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil. Estabelece que entre as maiores oportunidades de mitigação está a recuperação de metano em aterros sanitários para fins de aproveitamento energético. Como o Paraná está nesta questão?

Mas por que fazer o metano? Seria melhor tratar o resíduo, antes de virar metano, no Aterro. No Paraná, está longe da realidade com poucos exemplos. Cascavel é um deles.

8) Desses, 5 aterros possuem aproveitamento de gases, a verificar de que tipo, qual tecnologia e quais os benefícios. Estão nas cidades de: Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo (Fonte: SNIS). O(A) Sr.(a) confirma esses dados? E por que somente esses municípios estão utilizando esta tecnologia?

Não acredito em dados do SNIS. Eles são enviados pelos municípios e não nenhuma validação ou confirmação. Com relação a Cascavel, já está operando.

9) O Paraná é um estado com forte vocação agropecuária. No ano de 2018 o Paraná emitiu um total de 66.255.324 CO₂e(t). O setor de agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes e dejetos de animais) é o principal emissor de GEE com 47,0%. Não seria uma oportunidade?

Como transformar a oportunidade em realidade. Quando falam em grandes quantidades de de CO₂e(t) não apresentam as distâncias e demais variáveis para que isso se torne realidade. Pode vir de uma série de pequenos produtores e o frete inviabiliza a sua transformação.

10) No setor de Resíduos Sólidos Urbanos observa-se um potencial de inserção anual de 398,31 GWh no Paraná, provenientes de “resíduos novos”. Em sua opinião, por que outros estados estão mais avançados que o Paraná?

O potencial não informa a quem pertence esses resíduos nem onde eles estão localizados. Isso é muito vago para um plano de negócio ou um programa municipal. Precisa haver uma intervenção estadual direta e rígida.

11) No Paraná alguns municípios têm estruturas de política e gestão de resíduos bastante alinhados com a PNRS, mas falta o envolvimento de outros setores da sociedade para transformar um problema coletivo em uma alternativa. Como está a experiência com a CS bioenergia – Sanepar?

A experiência da CS Bioenergia é um sucesso. Desconheço a questão financeira, mas tecnicamente está operando com a recepção de aproximadamente 160 toneladas/dia de resíduos orgânicos e gerando em torno e 2,4 MW, sendo que sua capacidade máxima é de 2,8 MW.

12) E essa nova usina de biogás que será construída em Ponta Grossa?

Só tomei conhecimento que estão licitando. Espero que dê certo. É o caminho, porém está sendo realizada pela operadora de coleta de resíduos. O contrato foi ajustado por mais tempo, para que possa haver o devido retorno. Como comentei, há forte ação da prefeitura nesse processo.

13) Existem Programas de incentivos e de fomento para aproveitamento do biogás de RSU para municípios e para a iniciativa privada?

Que eu saiba, nenhum. Em recente chamamento público, pela COPEL, ela faz uma série de exigências que afasta o empreendedor.

14) Com relação a Créditos de carbono e projetos MDL. O Paraná incentiva esses projetos para mitigação das Mudanças Climáticas?

Não tenho conhecimento.

15) Existe um plano de integração de experiências entre os municípios, como treinamento gestores municipais para essa área específica?

Sim, havia uma troca de informações técnicas por meio de palestras com o Grupo Técnico formado pelos representantes dos 20 municípios-polo, quando da regionalização do estado do Paraná para a governança dos resíduos sólidos. R20.

16) Nos casos em que essa experiência está sendo feita, existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?

Não tenho conhecimento.

17) Comentários livres:

Acredito que o mais importante a ser citado nestes comentários, além das respostas anteriores, é o Programa de Logística Reversa. Porque o Paraná se antecipou ao Governo Federal e fez algumas assinaturas com a FEIP de termos de compromisso, que podem ser verificados no Plano Estadual de Resíduos. Eles estão lá. Alguns não saíram do papel, mas nós conseguimos, na época, assinar 20 termos e 10 saíram do papel. Principalmente de embalagens, refrigerantes e papelão. Com Ilog e com o Impar. O Ilog apóia muito as cooperativas.

A Tetrapac tem o programa Rota da Reciclagem que também presta atendimento às cooperativas. A ABRABE – Associação Brasileira de Bebidas tem o programa Ecogesto, que atende as cooperativas de Colombo, se não me engano. E todas essas iniciativas são importantes porque tem um incentivo para a cooperativa e ao mesmo tempo limpa o resíduo. Traz o benefício para que o orgânico possa ser usado com melhor qualidade. E quanto mais for feito nessa área, melhor será o resíduo para aplicação direta.

E o governo do estado tem um programa chamando Reciclo. Este programa é dividido em 3 lotes: ele fornece 1 caminhão que tem divisórias para transportar materiais reciclados; depois no lote 2 ele fornece equipamentos para cooperativas, como abrir de sacos, como esteiras, prensa e balança; e finalmente ele faz a educação ambiental, faz capacitação e divulgação do projeto e ensinamento do uso desses materiais para os cooperados. Esse programa era da minha época.



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMade – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Nº 04

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA

Entrevistado: **Prof. Dr. Charles Carneiro**

Data da Entrevista: **24/06/2020**

Atividade Profissional:

- Coordenador de Projetos Sustentáveis da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Turismo do PR – Sedest
- Gerente de Resíduos Sólidos da Sanepar (2017-2019)
- Professor do Mestrado Profissional em Governança e Sustentabilidade do Isae/FGV
- Pós-doutor em Aquatic Science and Engineering - UNESCO-IHE (Holanda)
- Membro expert do núcleo acadêmico WtERT Brasil – ABREN
- Membro do comitê técnico do Clima da ABEMA

Formato: Áudio transcrito.

Introdução: Hoje atualmente estou na secretaria desenvolvimento sustentável e turismo a SEDEST. Eu vim para “tocar os projetos relacionados a clima”, mas pela experiência acabaram de passar no também para tocar os projetos com resíduos sólidos. Hoje é o carro-chefe inclusive da secretaria é o assunto: resíduos sólidos. Tem um plano emergencial, agora, do Governo do Estado da retomada do crescimento pós COVID 19. Os três grandes planos de ação da secretaria estão envolvendo resíduos sólidos. Isso mostra a importancia do tema, até em detrimento de fauna, e outros programas importantes que a secretaria tem. E acabou ficando os três programas em resíduos sólidos.

1) A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos colocou o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal. Como o(a) Sr.(a) observa esse instrumento de Política Pública?

Como a maioria das vezes envolvendo Meio Ambiente no Brasil, elas são tão boas leis, na maioria delas. Às vezes a gente tem até lei demais que acaba dificultando um pouquinho. Mas em especial ali na no setor de água de esgoto, setor de resíduos sólidos, enfim, até Código Florestal é um bom código, uma boa coletânea de leis. A dificuldade maior é aplicação. A de resíduos sólidos, talvez hoje, seja o maior problema ambiental brasileiro, é o assunto: resíduos sólidos. Então nós temos uma boa a lei, tem quase 10 anos e mesmo assim com muita muita dificuldade de implementar.

Então não adianta ter a lei e as ferramentas, uma coisa é a teoria e outra coisa é a prática. E a não aplicação não é simplesmente porque o município não quer aplicar, mas envolve uma série de questões como: apoio técnico, como estrutura técnica dos municípios, a cobrança pelos serviços. Enfim, uma série de coisas que nós podemos discutir um pouquinho ali adiante, mas o fato assim resumindo, a gente tem uma boa política e o que a gente tem é a dificuldade de implementá-la na sua na sua totalidade. Quer seja parte de coleta e tratamento, quer seja na parte de logística reversa, que também ainda, está “capengando”.

2) Entretanto, é preciso destacar que é complexa a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, dessa forma, muitos municípios brasileiros não estão cumprindo o proposto na PNRS, nem os prazos estipulados para encerramento dos lixões. Quais os motivos, em sua opinião?

A gente pode elencar os principais motivos:

Primeiro a cobrança da tarifa. As pessoas, a população não está acostumada a pagar a tarifa. Ela paga R\$ 100,00, R\$ 200,00 num celular, mas não quer pagar R\$ 10,00 de resíduos sólidos. Ainda relação a cobrança da tarifa, maioria dos Municípios não cobram pelos serviços ou cobra parcial. E quando cobra, em geral, cobra junta com o IPTU. O que gera uma grande inadimplência entre 30% e 40%, em média, nos municípios do Paraná. Essa cobrança não pode ser mais taxa, mas tem que ser transformado em tarifa e tem que ser uma tarifa separada. Mas a principal recomendação técnica é que seja cobrado via conta de água ou de luz. Hoje, já cerca de 130 municípios no Paraná fazem a cobrança atrelada a conta de água da Sanepar, o que gera uma inadimplência de menos de 1% para os municípios. Ainda, tem o problema deles não definirem, não cobrem exatamente pela totalidade do serviço porque é só um serviço prestado pela companhia de saneamento. Ela cobra R\$ 1,60 para prestar o serviço de cobrança junto boleto e repassa o valor. O quanto é cobrado, se vai cobrar 100%, 50%, 20% ou 200% pelo serviço; e a forma de cobrar: se vai ter tarifa social, se vai diferenciar comércio, indústria, munícipe, é uma decisão do próprio município. Então é esse é um ponto: primeiro a cobrança da tarifa.

Segundo, a falta de garantias de pagamento para quem vai investir. Então, assim, o próprio prestador de serviço, a iniciativa privada, hoje tem muita dificuldade de ter garantias de que o município vai remunerar pelos serviços. Primeiro arrecada mal, mas quando arrecada, também, faltam garantias para o prestador serviço de que ele vai receber pelo o serviço que ele prestar. Ele faz investimentos altíssimos e aí tem essa foto de garantia de pagamento.

A falta de ter uma regulação, também tarifária, também prejudica. hoje a gente tem alguns estados brasileiros com regulação, mas mais sobre o serviço, como é que tem que ser. Mas uma regulação de tarifa, até pela heterogeneidade das tecnologias e sistemas e tal, ainda não se chegou. Isso é algo que o Brasil precisa muito avançar. Já tem regulação de água e esgoto, mas não tem de resíduos sólidos. As agências reguladoras não o fazem. Não se mexeram ainda para fazer.

Outro ponto, também, precisava de uma participação maior dos Estados ajudando os municípios. Quer seja na estruturação de sistemas, quer seja participando de consórcios. Mas precisa ter uma participação mais efetiva do estado com corpo técnico inclusive e com contrapartidas. Ajudando os municípios se estruturarem relação a coleta, transbore e tratamento de resíduos.

E por último um dificultador, por exemplo no Paraná, principalmente, é o fato de 90%, acho que 93% dos municípios tem menos de 50 mil habitantes. Então, a falta de escala dificulta colocar tecnologias de melhor performance como as tecnologias de transformação térmica que necessariamente requerem um consorciamento de municípios para poder fazer. E aí é uma série de dificuldades em definir a qual município e vai receber os resíduos dos outros; aprovação Câmara de Vereadores; fazer os contratos de rateio; a operacioanalização disso tudo. Então, eu acho que um fator é esse: a escala que dificulta e faz com que o negócio não seja lucrativo nos municípios menores, necessitando consórcios. Nós temos aqui no Paraná, 14 consórcios, dos quais um é o Coresol, que é mais vultuoso com cerca de 2700 toneladas/dia. Mas o segundo maior consórcio atende 140 mil pessoas, e a gente sabe que para colocar tecnologias melhores além de aterro sanitário, precisaria de pelo menos 200 mil pessoas para cima. O ideal seria 300 mil pessoas num consórcio para poder colocar qualquer tecnologia de transformação térmica. Então acho que esses são os principais fatores que eu acho que é política nacional de resíduos sólidos não avança.

3) Especificamente os números do Paraná revelam um total anual de 3,47 milhões de toneladas, coletados em 2017. (100% dos municípios realizam coleta na área urbana e 72% dos municípios realizam coleta na área rural). Porém, observa-se que 40% dos municípios ainda tem disposição inadequada dos seus RSU (Fonte: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2017). Em sua opinião, por que isso ainda ocorre?

A dificuldade de estrutura dos municípios quer seja financeira, quer seja técnica, é essa principal razão. Então a Funasa, um tempo atrás, investiu até aqui no Paraná, 60 ou 70 aterros sanitários onde ela disponibilizou recursos para implantação. Absolutamente todos se transformaram em um lixão.

Então assim, com o passar do tempo, a falta de técnicos. Se for verificar nas prefeituras de municípios menores você vai ver que não há, em nenhum desses, uma equipe dedicada para fazer. E nem equipamentos dedicados. Por exemplo, o trator de esteira quando o município consegue para fazer para operar o aterro sanitário em um ou dois meses ele já é deslocado para fazer estrada, Não fica lá. A mesma coisa com caminhão. Então o repasse de recursos e de equipamentos por si só não é suficiente. Precisaria ter um monitoramento, apoio e fiscalização, para verificar se dedicado. E o Município, para receber, ele tinha que ter um projeto. Tinha que ter uma equipe de operação.

Mas por outro lado tem a grande e enorme dificuldade de receita dos Municípios. E tudo começa na cobrança da tarifa, onde os municípios não cobram e muitas vezes por conta até de imagem do prefeito, de voto, de eleição, acabam não repassando esse serviço que é de responsabilidade do munícipe. E acaba assumindo esses custos e daí não consegue fazer direito. Então, falta muita receita para poder fazer.

Eu acho que essa principal razão do porque que nós temos essas condições aí no Paraná. E certamente vários desses ainda que tem licença de operação, como aterro sanitário, não deve estar funcionando como tal. Por conta dessa dificuldade que eu acabei de mencionar.

E, tem uma série de outros fatores também: quando a economia do país não ajuda; quando falta a coleta seletiva; quando falta educação nas pessoas.

É uma série dos aspectos, mas o principal eu diria que é esse que é estrutura financeira e técnica dos municípios.

4) Especificamente na Região Metropolitana de Curitiba, um ambiente bastante urbano, qual a situação dos aterros do Caximba e da Fazenda Rio Grande?

Conheço, já visitei, mas faz tempo que eu não vou lá. O Caximba era uma necessidade, coisa do passado. Foi necessário, era uma novidade ter aterro sanitário. Então, talvez não devesse ser ali posicionado. Em cima da Represa do Passaúna. A gente sabe da contaminação e sabe que a dificuldade dos controles. Já tem vários estudos e teses que mostram o acúmulo de metal pesado, sedimentos no reservatório do Passaúna e outros problemas ambientais. Até hoje tem chorume que extravasa do próprio aterro. Apesar da prefeitura buscar fazer o tratamento. Mas aquilo é uma coisa necessária era um mal necessário. Aconteceu e está encerrado. Precisava talvez hoje é só cuidar um pouquinho melhor chorume.

A Fazenda Rio Grande também havia essa necessidade, só que já passou em muito tempo. Para mim é proibitivo enterrar duas toneladas de lixo por dia.

Hoje tem o edital da prefeitura, não sei se já não está impugnado de novo. Mas já há uns dois anos tenta-se colocar o edital para criar e as quatro ou cinco macro-regiões aqui em Curitiba. Para fazer um pré tratamento de resíduos e para que não vá tudo isso que vai lá para o Aterro de Fazenda Rio Grande. Esse edital “está na praça”, dos maiores já lançados estado do Paraná, é da ordem passa de 2 bilhões de alguma coisa.

Esse edital para 27 anos, inclusive ousado. Ele é bem exigente, quem ganhar a licitação para implantação. No máximo em 5 anos tem que estar com 100% da capacidade de funcionamento. Acho que vale a pena checar melhor esses dados lá no edital. Mas é o edital que vai trazer uma situação diferente aqui para Curitiba região metropolitana. Ele precisava ser replantado o mais rápido possível. Ele dá soluções regionais, com

diferenciação inclusive para a indústria cimenteira, para fazer compostagem, para transformar energia, os resíduos orgânicos levar lá na Csbio energia e por aí vai.

Então já passou do momento, a gente sabe que enterrar resíduos é sempre a solução mais barata, mas é proibitivo, do ponto de vista ambiental, fazer dessa forma. A gente sabe que tem viabilidade financeira, com tranquilidade, inclusive incineração, para acima de 550 toneladas. A gente já viabilizaria a incineração para 100% desses resíduos. Então por que a gente continua permitindo o aterramento disso? Isso precisava mudar urgentemente.

Do outro lado tem o passivo que vai ficar lá, ainda daquele jeito. Alguma coisa pode ser feito com aquele com aquele gás. Mesmo que parasse 100% hoje, tem 20 anos de gás que vai vazar lá. Tem várias coisas que pode ser feitas, até um aproveitamento melhor do gás.

Além disso, também poderia ser desenterrado os resíduos e processá-los por transformação térmica ou por incineração. Que é o que deveria ser feito, porque tem mais robustez. Os outros processos de transformação ainda não estão bem consolidados. Na incineração, numa escala dessa, é uma tranquilidade absoluta e com a geração de energia grande, no preço que está a energia, viabilizaria até desenterrar aqueles resíduos lá e processar num grande combustor.

5) A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece o compromisso voluntário brasileiro de redução do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Ema sua opinião, o Brasil atingirá essa meta?

Sobre a política nacional eu não poderia comentar.

6) E como o Paraná está contribuindo para essa meta?

Nós temos nós temos um a política estadual de mudanças climáticas, mas a gente não tem plano estadual ainda. Mesmo que a política exija um plano, ainda não tem. Nós estamos estruturando, agora na secretaria, um plano chamado Paraná Clima, que é composto de 18 subprogramas, com várias ações desde adaptação e mitigação, estudos de contingências, etc. E uma dessas ações é o plano estadual de mudanças climáticas. Ele vai nos da diretriz melhores sobre a forma de atuar em relação a emergência climática do Estado do Paraná. É um trabalho em parceria da Sedest com Simepar. O projeto já passou por várias fases e agora só falta a assinatura do secretário para que ele comece. É um amplo programa, na fase inicial tem uns três anos, mas são 18 subprogramas importantes. Envolvem desde educação ambiental até tecnologia de mitigação, estudos e cenários avaliação de situações de emergência para auxiliar os municípios, planos de comunicação e por aí vai. Tem uma relação direta pois também lá consta a parte de resíduos sólidos com as emissões de metano.

Eu não saberia dizer hoje se é usada essa meta, precisaria refazer. É uma das ações do programa também refazer o inventário de gases de efeito estufa. A gente tem só um inventário de gases de efeito estufa aqui no Paraná de 2013. Precisaria ter um novo inventário agora e é uma das 18 ações, para gente ver como é como estão as nossas emissões, agora, com os novos fatores que vem mudando ao longo do tempo. Também para ver se seriam factíveis essas metas 38, 39% de redução. Também, é preciso ver isso em relação a qual base? 1990, 2000? Enfim, tentar enxergar isso um pouquinho melhor.

7) O Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa a incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil. Estabelece que entre as maiores oportunidades de mitigação está a recuperação de metano em aterros sanitários para fins de aproveitamento energético. Como o Paraná está nesta questão?

Os alemães quando vem para cá, a gente tem algumas parcerias com a GIZ, por exemplo, a preocupação maior não é com o impacto o local do aterro sanitário, mas é um

pacto global. A primeira ação em melhorar a gestão de um aterro sanitário ou colocar tecnologias mais eficientes é a preocupação com o metano. O metano é 26 vezes mais poluidor no potencial de aquecimento global do que o dióxido de carbono. E mais do que isso, ele tem um ciclo de vida muito mais curto. Então a base do 26 é 100, mas considerando que o metano tem um ciclo de não mais de 50 anos esse potencial dobra, de 26 vai para 52. Então o impacto metano é muito forte. Então, a preocupação da gestão de resíduos sólidos não deve ser baseada unicamente na contaminação de freático, na contaminação de rios por chorume. É uma preocupação maior planetária que é o aquecimento global.

A medida que o projeto tem um start, que deve ser agora no mês de julho, eu creio que o plano no máximo 18 meses entre 12 e 18 meses para ficar pronto. Porque tem audiências públicas para serem feitas, tem que correr o estado do Paraná, tem que coletar e envolve muita gente, tem que ouvir a população, tem que ouvir o empresariado e isso leva um tempo. Vai ter que se licitar uma empresa para fazer, assim como foi feito com plano estadual de resíduos sólidos.

8) Desses, 5 aterros possuem aproveitamento de gases, a verificar de que tipo, qual tecnologia e quais os benefícios. Estão nas cidades de: Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo (Fonte: SNIS). O(A) Sr.(a) confirma esses dados? E por que somente esses municípios estão utilizando esta tecnologia?

Viabilidade. Para se implantar, mesmo que seja só utilizando o biogás das células, que a gente pode considerar as células como biodigestores pontuais de metano, a viabilidade. Dificilmente cidades com menos de 30, 35, 40 mil pessoas viabilizaria implantar todo o sistema de recuperação energética desses gases. Seja para utilização mais simples como tocar bomba ou iluminação. São geradores ainda caros. A operação disso e a manutenção se viabilizariam apenas com sistemas que atendam mais do que 35, 40 mil pessoas pelo menos. Para simplesmente colocar o gerador lá.

Depois, tem que fazer a interligação da rede, às vezes não é perto, tem que fazer todo o processo de aceitação, controle e monitoramento junto a Copel. O auto consumo até é fácil, mas quando se vai se fazer a geração distribuída já é um pouquinho mais complicado.

Penso que nos aterros com menos de 35, 40 mil pessoas o que deve ser feito é a queima do gás. Colocar bons *flares*, que queimem com eficiência. Também não adianta colocar *flare* porcaria.

A gente já fez várias pesquisas com performance de flares e existem uns com baixíssima performance. Queimam, às vezes, menos que 30% do metano, do H₂S (também para fazer a destruição). Então é muito importante ter flares e de qualidade.

9) O Paraná é um estado com forte vocação agropecuária. No ano de 2018 o Paraná emitiu um total de 66.255.324 CO₂e(t). O setor de agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes e dejetos de animais) é o principal emissor de GEE com 47,0%. Não seria uma oportunidade?

Neste setor eu não tenho atuado, não é minha área de atuação, mas já acompanhei até ajudei em parceria com o Lactec, com Ministério das Minas e Energia a montar sistemas de biogestão e de aproveitamento térmico a partir desse tipo de resíduos.

Eu acho que é interessante para os agricultores, eles se reunirem. Tem duas formas de se fazer isso: fazendo uma única central de tratamento, levando os resíduos até lá. Assim era a proposta em Toledo quando que veio uma parceria com a indústria alemã, foi feito até o anúncio por parte do governo estado lá no município. Levar restos de culturas, mas pessoalmente restos animais, a parte de esterco e até mesmo animais mortos, de animais de aviários, frangos, porcos, etc. Tudo isso é matéria orgânica e que, em tese, viraria uma energia de boa qualidade. Então, tem essa forma de levar tudo para uma central de resíduos, como é essa proposta lá para Toledo, que é um investimento da ordem de 100

milhões de reais, se não me engano, para tratar para toda a região. Como, também, tratar isso pontualmente em biodigestores menores. E aí conduzir esse biogás para um grande motogerador por tubulações.

Os dois projetos já existem, casos pioneiros no Paraná. Mas são casos muito pontuais e ainda precisaria, talvez, um olhar da Secretaria de Agricultura com um pouquinho mais atenção, que eu acho que pode viabilizar.

Agora assim como tratamento de resíduo urbano, a escala para poder ser viável. Todos tem que tratar os seus resíduos por biodigestão, agora o aproveitamento térmico, aí já requeer um pouquinho de escala que a coisa se torne viável. Porque, também, operar no prejuízo não se sustenta. Então o pilar financeiro é importante.

10) No setor de Resíduos Sólidos Urbanos observa-se um potencial de inserção anual de 398,31 GWh no Paraná, provenientes de “resíduos novos”. Em sua opinião, por que outros estados estão mais avançados que o Paraná?

O Paraná não está atrás dos outros estados em minha opinião. Na verdade está todo mundo atrás, em relação ao que deveria fazer. São Paulo começou agora se interessar um pouquinho mais. A vantagem de São Paulo é a escala, então, são municípios maiores o que permite com que se tornar mais atrativa para essas empresas participarem. Mas nos municípios pequenos está todo mundo igual sem muita opção, sem muito cuidado. Há não ser quando alguma Promotoria do Ministério Público pressiona a prefeito local e o coloca numa condição de ter que fazer alguma coisa. Mas fora isso, continua mais ou menos a mesma coisa.

Todos os estados têm bons exemplos. Eu destacaria São Paulo na gestão por conta do tamanho e ter grandes sistemas e aterros sanitários e fazem geração de energia em grande escala.

Inclusive já tem alguns processos de inceneração e gaseificação. Também já tem alguma coisa em Santa Catarina alguns pilotos. Tem um piloto interessante em Mafra, de gaseificação de RSU que está na fase de instalação de uma turbina. Mas ele já faz o processo com cerca de 10% só de sobra no final de escoria.

É um exemplo a ser seguido. Eu acredito muito na gaseificação de resíduos sólidos. A pirólise eu acho mais difícil, mas gaseificação, acho que fazendo alguns ajustes no processo tem um grande potencial principalmente por que viabiliza escalas menores. Não precisa de 550 toneladas como a incineração. A gaseificação já encontra viabilidade à partir de 180, 200 toneladas, segundo as nossas contas aqui melhor.

11) No Paraná alguns municípios têm estruturas de política e gestão de resíduos bastante alinhados com a PNRS, mas falta o envolvimento de outros setores da sociedade para transformar um problema coletivo em uma alternativa. Como está a experiência com a CS bioenergia – Sanepar?

No Paraná um bom exemplo é a Csbio energia. É a maior usina da América Latina tratadora de resíduos sólidos urbanos com geração de energia. Ela de cerca de 800 toneladas de lodo/dia da ETE Belém que é a maior estação anaeróbia do Paraná. E a maior estação anaeróbia carrossel do mundo. Ela trata 1400, 1500 litros/s de esgoto, mas manda 800 toneladas lá para a CSBio e, também, recebe cerca de hoje 100 toneladas de grandes geradores.

Recebe da própria Sanepar a espuma é uma camada sobrenadante nos biodigestores essencialmente de lodo e de gordura para tratar. Recebe, também, os resíduos da Ceasa e de alguns outros grandes geradores da indústria alimentícia. Mas tem capacidade para receber muito mais do que isso. E precisa receber para o negócio se torne cada vez mais sustentável.

Então o Paraná tem bons exemplos também. Na ETE Atuba Sul aqui no Paraná está instalando um sistema de secagem e combustão de lodos. O lodo, também, é um resíduo importante no setor de saneamento. Então lá, nesse processo, a partir de cada 100 toneladas vai gerar 5, 6 toneladas no final de cinzas. É um processo bem interessante que

vai tratar cerca de 100 toneladas/dia. Então, nós temos sim alguns casos como esses, também, na agricultura de geração de energia lá no Colombari. Temos a ETE Ouro Verde a primeira estação de tratamento de esgoto do Brasil gerar energia elétrica, fica lá em Foz do Iguaçu numa escala piloto. Mas enfim, ela é operada inclusive aquele Curitiba. É toda instrumentada, todos os controles você liga e desliga o motogerador aqui de Curitiba. Foi uma inovação isso lá em 2009 começou já fazer a geração distribuída aquela Estação

12) E essa nova usina de biogás que será construída em Ponta Grossa?

Essa eu desconheço o projeto.

13) Existem Programas de incentivos e de fomento para aproveitamento do biogás de RSU para municípios e para a iniciativa privada?

A gente entende, enquanto governo do Estado, que os projetos de transformação térmica vão se viabilizar nos municípios maiores. Nos municípios pólos ou por meio de consorciamento, isto é, onde há a escala, pois se torna atrativo para iniciativa privada. Neste caso não precisaria de financeira ou estímulo financeiro do governo do Estado, para essas situações, porque ele vai se autossustentar. É atrativo para as grandes empresas. O que o Estado precisa fazer precisa é ajustar e apoiar a construção dos consórcios regionais. Já há uma orientação, já há um estudo e nós estamos trabalhando agora fortemente na constituição dos consórcios como a participação do Estado dentro do consórcio. Já tem uma lei aqui do Paraná que se chama Paraná Resíduos, Lei 19261 de dezembro de 2017 que incentiva a criação de consórcios intermunicipais para tratamento de resíduos sólidos com a participação do governo do Estado. Ele pode ajudar a estruturar, a fornecer alguma coisa em contra partida e ajudar a situação. Com isso vai se tornar mais atrativo e assim penso que a indústria vem por si só.

Por outro lado, nós estamos com programas para ajudar os municípios menores. São 6 grandes programas importantes que estão sendo implementados, aqui no Paraná, para melhorar a gestão de resíduos sólidos no Estado. O primeiro programa é o lançamento de uma plataforma que se chama Contabilizando Resíduos. Essa plataforma serve para registro e inserção de dados por parte dos municípios. Ela tem dois módulos: 1 para os municípios onde eles têm que inserir as informações, como que trata? Tem associação de recicladores? Qual a forma de parceria? Onde dispõe? Tem transbordo? Qual é a coordenada do aterro sanitário? Atende a legislação? Então é uma série de informações que o município tem que prestar anualmente.

Um segundo módulo, que é o de logística reversa para as empresas. Para que as associações, os institutos que representam os mais variados segmentos de logística reversa faça a inserção desses acordos, coloque lá as metas. As empresas que estão representadas por esses institutos, por essas associações, inclusive atrelando isso a renovação de licença e o licenciamento ambiental. Então isso que vai ser o grande fator diferenciador dessa plataforma a partir de 2021. Então, as empresas aqui no estado do Paraná, necessariamente, vão ter que apresentar seus planos de ação para logística reversa para poder renovar a licença de operação. Isso é algo que São Paulo já faz e nós estamos “copiando”. Alguns estados também já estão fazendo: Mato Grosso e Rio de Janeiro.

Estamos revisando todos os acordos setoriais já firmados e os vencidos aqui no Paraná. Até o final de 2020 vamos ter todos os acordos revisitados e repactuados para que a gente avance com metas mais ousadas e que atenda os acordos setoriais federais que hoje isso não está acontecendo. Já estamos em tratativas com alguns setores como de bateria chumbo-ácido, como setor de embalagens, como o setor de lâmpadas e de pneus.

Outra ação é implantar o que a gente está chamando de Programa Paraná 5.0, que é a plantação de pilotos novas tecnologias em algumas regiões aqui do Estado do Paraná. Já estamos fazendo uma parceria com a Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos – ABREN, para que possamos trazer empresas para instalar pilotos aqui no estado do Paraná. Vamos instalar pilotos de pirólise, de gasificação, pilotos de incineração,

pilotos de tratamento mecânico, pilotos de biodigestão, de diferentes formas de tratamento mecânico quer seja por esteiras ou por separação óptica. Nós queremos implantar os pilotos não só para testar tecnologias, mas principalmente, para ter unidades demonstrativas nos municípios para que outros venham visitar e assim conseguir perceber o quanto interessante é não ficar só aterrando resíduos.

Faltou um programa que seria talvez um dos mais importantes chama: compra de resultados. É um programa inédito no Brasil onde nós vamos dar incentivo financeiro aos municípios e consórcios de municípios para que eles implantem sistemas de tratamento de resíduos. Estamos falando em galpões de triagem ou aterro sanitário no sentido de incentivar os menores. Como já falei, aqueles que forem maiores, que tiverem mais escala, a iniciativa privada deve ser movimentada, até por meio de parceria público-privada, vamos analisar os melhores arranjos.

Esse programa é destinado aos municípios menores onde não há viabilidade financeira para implantar tecnologia de transformação térmica. Incentivo para implantação e também para melhoria nos municípios existentes. Devemos lançar ele até o final do ano.

Então, a plataforma Contabilizando Resíduos, o programa Compra de Resultados e o programa dos consórcios intermunicipais são os três programas de governo que estão dentro do Plano Emergencial do Estado para a retomada do crescimento pós-pandemia. Com esses 6 programas eu não tenho dúvida nenhuma que o Paraná vai se tornar referência na gestão de resíduos sólidos nos próximos anos.

14) Com relação a Créditos de carbono e projetos MDL. O Paraná incentiva esses projetos para mitigação das Mudanças Climáticas?

O MDL já foi muito mais atrativo era no passado porque ele está muito atrelado à economia. Os projetos de MDL estão bem quando a economia está bem porque a economia acaba vindo em primeiro plano. Quando houve a crise mundial financeira Mundial, que começou os Estados Unidos e que foi para Europa, o preço do Crédito de Carbono despencou absurdamente, a ponto de quase não vale nada. Ainda hoje está um valor muito ruim, que não justifica. Melhorou um pouquinho em 2019, mas agora com a pandemia caiu de novo.

Mas haverá um momento que é isso vai se fortalecer porque com o acordo de Paris e passando essa loucura que é esse evento pandêmico, eu creio que vai haver uma retomada e a economia se fortalecendo eu acho que vai voltar

Ontem teve uma entrevista do presidente do Itaú aqui no Brasil quando ele falava sobre importância do que não se chama de mais de mudança climática, mas de Emergências climáticas. Isso é o tamanho da encrenca, do desafio que é isso que vai precisar se fazer um plano muito sério. Eu represento o Paraná na ABEMA que trata do Plano Brasileiro de Mudanças Climáticas, a participação dos Estados, como eles estão ajudando a atingir o acordo de Paris.

Há um movimento sério aqui no Brasil em relação a mudança do clima, porém como eu disse, eu acho que precisa a economia está fortalecida para que a gente consiga resultados e ações melhores. Mas há uma perspectiva de que esse cenário de mudanças climáticas não vai poder ser ignorado no momento pós-pandemia porque vai ter um impacto muito sério daí na economia se as atitudes e o acordo não foi cumprido como tem que ser.

15) Existe um plano de integração de experiências entre os municípios, como treinamento gestores municipais para essa área específica?

Já respondida juntamente com a resposta 13.

16) Nos casos em que essa experiência está sendo feita, existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?

Essa é uma pergunta mais em nível de município porque a responsabilidade por essa gestão é do município. Ele faz a gestão bairro a bairro, comunidade a comunidade. Os

programas de governo, falando aqui enquanto governo, eles são voltados mais aquela Municipalidade. E aí a municipalidade é que tem que fazer programas para a gestão do entorno do aterro sanitário. Mas obviamente são áreas mais carentes, mesmo quando desapropriadas elas acabam sendo áreas de invasão. É muito difícil, o país enfrenta muitas dificuldades financeiras, dificuldade no setor habitacional também existe.

Mas enquanto o município, a exemplo da Sanepar nas suas estações de tratamento, tem que se pensar porque não pode ficar mais fazendo a gestão só intramuros. A gestão tem que ser extramuros. Tem que pensar no todo, discutir com a população as ações, quando são feitas as manutenções, quando vai ter um problema.

Quando houver um cheiro maior, se vai haver um barulho maior, tem que se comunicar. Não pode mais, já passou o tempo que você fazia do jeito que queria. Não! É um ecossistema e aí está todo mundo envolvido. O município tem que ser tem que ter essa percepção.

Nos sistemas que a Sanepar fazia nós trabalhávamos muito com educação ambiental, abrindo as unidades para que fossem visitadas, com programas de estímulo. Criando centros de educação ambiental para que pudesse haver visitas das escolas e atender a comunidade e para a população em geral. É muito importante essa aproximação com a população. Senão a coisa não funciona.

17) Comentários livres:

Eu acho que as perguntas foram pertinentes. Tem mais coisas para se falar dos assuntos. Uma coisa não abordada é a parte do licenciamento. Às vezes da barreira que se tem pelo desconhecimento das tecnologias. Não se pode fechar pelo desconhecimento. Deve-se promover licenças de pré-operação e se não cumpre os critérios, aí você fecha a porta. Mas tem que incentivar entrada de novas tecnologias e é super importante.

Outro aspecto fundamental começa na casa, na residência. Quer dizer, a educação é tudo. Na maioria das palestras que eu dou, a respeito de resíduos sólidos, eu vejo que quando o público é técnico 90% não sabe o que é reciclável e o que não é, na sua região. Há muito equívoco em relação a isso e é fundamental. Pois a coleta seletiva é a base de tudo. Inclusive não só para melhorar o trabalho das associações, mas vai gerar mais renda, mais emprego, vai diminuir o impacto ambiental e diminuir mudanças climáticas. Tem uma série de consequências a questão da coleta seletiva feita e com qualidade, antes de pensar em orgânico, antes de pensar em compostagem. Nós temos muitos problemas para resolver e eu diria que a coleta seletiva é um dos principais deles, é a base. Já que não temos condição, muitas vezes, de colocar tecnologia de separação mecânica nos sistemas por conta da dificuldade financeira, a coleta seletiva acaba sendo ainda mais importante.

Quando o resíduo tá separado você consegue fazer tudo. Você vai fazer a tua compostagem, você vai fazer a biodigestão para gerar gás, você vai colocar uma gaseificação, etc. Mas quando tá tudo misturado fica muito difícil. Não se faz com compostagem com resíduo sólido urbano que não tenha separação na terceira via. Não adianta, não vai funcionar. Então, há muito desconhecimento técnico sobre as coisas por não estar no campo, por não ir pisar no barro e para ver como as coisas de fato acontecem.

E a falta dessa percepção acaba prejudicando os entendimentos. Como, por exemplo, as exigências muitas das promotorias de meio ambiente que tem que ter compostagem. Muitas vezes nas regiões já tem resíduo orgânico “a rodo”, quer seja resíduos de aves, resíduos de suínos, resíduos de bovinos, às vezes de caprinos, de equinos. Tem o lodo de esgoto da Sanepar sendo disponibilizados de graça. Mas daí nós vamos ter um composto oriundo de lixo? Será que os agricultores “vão amar”? Como que é isso?

Quando a Sanepar fez o programa de reciclagem agrícola de esgoto foram mais de 10 anos de Educação Ambiental, antes de falar do estudo, mas de convencimento das pessoas que aquilo não iria causar problema, de aceitação e tem que o agricultor se interessar. Ainda hoje ainda há resistência para isso. Então, agora agricultor vai pegar o lixo que é um resíduo, que é oriundo de lixo da cidade, de Urbano? Há muito trabalho de convencimento a ser feito em relação a isso. Não estou dizendo que é inviável, mas eu tô

dizendo que não é simples assim. Vai se produzir, mas vai se colocar? Senão vai se produzir o composto e ninguém vai querer. E vai jogar lá no aterro sanitário depois, vai fazer a mesma coisa e vai dobrar o trabalho.

Outro aspecto que eu gostaria de destacar é que há muito desconhecimento técnico e por isso, às vezes, as coisas não avançam. Quer seja no consorciamento, na necessidade de que é preciso consorciar, que é preciso juntar, que qualquer impacto ambiental de receber resíduo do outro município, de trazer de outro município é menor do que eu eles já estão fazendo hoje. Ora bolas, é só fazer bem feito que não vai ter problema o impacto é muito pequeno. Você vai gerar emprego, vai ser referência na região, vai exercer um papel de liderança na região. Então, há muitas vantagens. Também, vai receber 10% da receita do tratamento, que tá previsto na Constituição estado do Paraná pelo impacto ambiental causado. Então, é uma série de vantagens em ser a sede da central de tratamento de resíduos.

E, por último, a parte das tecnologias. Eu acho que nós precisamos avançar, precisamos conhecer mais para a gente poder colocar tecnologia de melhor performance. Elas precisam entrar, a energia está cada vez mais cara e nós não podemos ficar só sujeitos às hidrelétricas. A gente está vendo agora, com a crise hídrica no Paraná, o impacto deve vir grande na tarifa para os próximos meses, porque as termoelétricas estão a 100%, a todo vapor. Então, precisamos pensar em alternativas assim como eólica, como solar e por aí vai.

E, eu acho que o Estado e os municípios tem um papel determinante Aquilo que eu aprontei lá no início, do porque a política nacional não avança. É a questão de precisamos cobrar a tarifa dos munícipes. Precisa cobrar pelo serviço. Precisa ter garantia para iniciativa privada entrar, precisa ter regulação, precisa ter consórcio para ter mais escala para poder fazer essa gestão de forma mais sustentável. E precisamos obviamente a participação do governo estadual, federal e municípios para que as coisas de fato aconteçam.

Você, Ricardo, vai ser um cara que vai entender do assunto, por tudo que você está estudando no doutorado, em área muito importante. Você está visitando locais, isso, também, é super importante, conhecendo a realidade. Se puder visite as associações de recicladores. Pesquisadores de bancada não adiantam, e também, professores de bancada. Isso faz com que, por exemplo, fiquem aí “berrando – não para tecnologias de transformação técnica” porque não sabe realmente, estão alienados e fora do contexto. Não atrapalha em nada o trabalho de reciclagem, ao contrário, precisamos aumentar a reciclagem. Até porque esse resíduo da transformação térmica não é o que vai para associações. O que eles não conseguem aproveitar lá é que eles mandam para o aterro sanitário e que junta com o resíduo comum.

A diferença entre o pensamento do Executivo, do Legislativo e do Ministério Público Ministério Público é um fator dificultador. Eu, ano passado, fui convidado para o Congresso Brasileiro das Promotorias do Meio Ambiente. E me convidaram, uma pena que o assunto era mais do que resíduos, era tudo relacionado a Meio Ambiente, muito aberto os assuntos. E eu fui falar de resíduos. Mas nós precisaríamos de um evento do Ministério Público para falar só de resíduos, para eles terem um entendimento melhor. Acho que essa é uma coisa que é importante você apontar. Porque há uma leitura muito fidedigna da política, mas tem coisas a serem entendidas. Há vocação regional, há a questão da viabilidade e muitas vezes não é do jeito que tá ali. Ma, tem muito para avançar e você apontando isso, vai ser super importante.



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMade – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Nº 05

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA

Entrevistado: **Dr. Fernando Gouveia**

Data da Entrevista: **28/06/2020**

Atividade Profissional: Advogado especializado na área de gerenciamento ambiental, com atuação na área contenciosa e de pesquisa jurídica.
Membro da Comissão de Direito Ambiental e da Comissão do Pacto Global da Ordem dos Advogados do Brasil - Seção do Paraná (OAB/PR).

Formato: Resposta escrita

1) A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos colocou o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal. Como o(a) Sr.(a) observa esse instrumento de Política Pública?

Entendo que a PNRS é realmente um importante instrumento gestão de resíduos no país. Entretanto, a minha perspectiva, é que lei ainda é muito pouco aplicada.

2) Entretanto, é preciso destacar que é complexa a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, dessa forma, muitos municípios brasileiros não estão cumprindo o proposto na PNRS, nem os prazos estipulados para encerramento dos lixões. Quais os motivos, em sua opinião?

A falta de estrutura da administração em níveis municipais, por muitas vezes são as causas destes não cumprirem com suas obrigações. Talvez um maior engajamento na elaboração nos planos de atuação sobre essa temática ajudaria a incluir a realidade dos mesmos nos objetivos e diretrizes.

3) Especificamente os números do Paraná revelam um total anual de 3,47 milhões de toneladas, coletados em 2017. (100% dos municípios realizam coleta na área urbana e 72% dos municípios realizam coleta na área rural). Porém, observa-se que 40% dos municípios ainda tem disposição inadequada dos seus RSU (Fonte: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2017). Em sua opinião, por que isso ainda ocorre?

Pelo motivo acima (falta de estrutura administrativa em nível municipal. Não raro, o município, especialmente pequenos, tem baixa receita em relação aos gastos. Razão pela qual, não conseguem gerenciar suas necessidades (dentes elas correta destinação de resíduos) corretamente.

4) Especificamente na Região Metropolitana de Curitiba, um ambiente bastante urbano, qual a situação dos aterros do Caximba e da Fazenda Rio Grande?

Até a época que acompanhava, eles já estavam próximo do limite. Lembro de ouvir que seriam realizados estudos para sua expansão ou destinação de outra área. Mas não acompanhei esse assunto.

5) A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece o compromisso voluntário brasileiro de redução do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Em sua opinião, o Brasil atingirá essa meta?

Pelo que acompanho (notícias do MMA) atualmente o Brasil tem chances sim de atingir a meta comprometida de redução. Mas confesso que não tenho muito conhecimento técnico de como está essa evolução.

6) E como o Paraná está contribuindo para essa meta?

Desconheço os programas de incentivo a projetos de recuperação de metano de aterros no Paraná

7) O Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa a incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil. Estabelece que entre as maiores oportunidades de mitigação está a recuperação de metano em aterros sanitários para fins de aproveitamento energético. Como o Paraná está nesta questão?

Desconheço.

8) Desses, 5 aterros possuem aproveitamento de gases, a verificar de que tipo, qual tecnologia e quais os benefícios. Estão nas cidades de: Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo (Fonte: SNIS). O(A) Sr.(a) confirma esses dados? E por que somente esses municípios estão utilizando esta tecnologia?

Desconheço o assunto.

9) O Paraná é um estado com forte vocação agropecuária. No ano de 2018 o Paraná emitiu um total de 66.255.324 CO₂e(t). O setor de agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes e dejetos de animais) é o principal emissor de GEE com 47,0%. Não seria uma oportunidade?

9. Sim, acho que seria uma ótima oportunidade. Inclusive, para geração de energia por biogas ou outras formas de destinação de GEEs.

10) No setor de Resíduos Sólidos Urbanos observa-se um potencial de inserção anual de 398,31 GWh no Paraná, provenientes de “resíduos novos”. Em sua opinião, por que outros estados estão mais avançados que o Paraná?

Desconheço o assunto.

11) No Paraná alguns municípios têm estruturas de política e gestão de resíduos bastante alinhados com a PNRS, mas falta o envolvimento de outros setores da sociedade para transformar um problema coletivo em uma alternativa. Como está a experiência com a CS bioenergia – Sanepar?

Desconheço.

12) E essa nova usina de biogás que será construída em Ponta Grossa?

Também, desconheço.

13) Existem Programas de incentivos e de fomento para aproveitamento do biogás de RSU para municípios e para a iniciativa privada?

Eu não ouvi falar de políticas no estado neste sentido.

14) Com relação a Créditos de carbono e projetos MDL. O Paraná incentiva esses projetos para mitigação das Mudanças Climáticas?

O que eu sei de projetos de MDL, até o tempo que acompanhei (2012), é que as metodologias utilizadas nos Brasil não eram muito claras o que por sua vez dificultavam a sua validação para o respectivo crédito. Mas confesso que não acompanho esse assunto de perto mais.

15) Existe um plano de integração de experiências entre os municípios, como treinamento gestores municipais para essa área específica?

Desconheço.

16) Nos casos em que essa experiência está sendo feita, existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?

Desconheço.

17) Comentários livres:

A minha impressão é que a PNRS é um bom início de caminho. Mas ainda precisa de ajustes são necessários para que a prática corresponda com o objetivo da norma. Incentivos ou maior envolvimento em nível municipal (capacitação/engajamento) podem auxiliar nesse sentido.



ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA

Entrevistado: **Luiz Guilherme Grein Vieira**

Data da Entrevista: **01/07/2020**

Atividade Profissional: Presidente de Associação Paranaense dos Engenheiros Ambientais - APEAM
Diretor da Ideal Ambiental Serviços de Engenharia Ltda

Formato: Resposta escrita

1) A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos colocou o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal. Como o(a) Sr.(a) observa esse instrumento de Política Pública?

A PNRS realmente trouxe uma possibilidade real de minimização dos problemas relacionados à gestão de resíduos sólidos no país, e a sua aprovação foi uma demonstração à época, de que esse tema era uma preocupação latente aos governantes.

Os avanços que ela trouxe são inúmeros, podendo citar:

- Definição da priorização da gestão de resíduos (reduzir, reutilizar, reciclar, tratar e somente quando não houver outra possibilidade, dispor corretamente)
- Responsabilização dos diferentes atores da cadeia produtiva, através do advento da Logística Reversa;
- Exigência da elaboração dos planos (PGRS para grandes geradores, PMGIRS aos municípios e PERS aos estados).

2) Entretanto, é preciso destacar que é complexa a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, dessa forma, muitos municípios brasileiros não estão cumprindo o proposto na PNRS, nem os prazos estipulados para encerramento dos lixões. Quais os motivos, em sua opinião?

Na minha opinião, o Brasil não avançou da forma que devia para o encerramento dos lixões por questões financeiras, técnicas, e prioridades por parte dos municípios, e falta de fiscalização por parte dos órgãos ambientais estaduais. Ao transferir a responsabilidade do encerramento aos municípios, sabe-se que a gestão de resíduos está entre as últimas prioridades de uma gestão pública municipal, que carece de recursos financeiros e conhecimento técnico para buscar melhores soluções a este problema.

Um município que possui lixão atualmente, possui um custo praticamente zero de destinação final dos seus resíduos. Para sair disso e arcar com um custo de operação de R\$ 60,00 a R\$ 200,00 por tonelada, é um passo muito grande a ser dado.

Tivemos diversas iniciativas dos governos estaduais e federal com o repasse de recursos a fundo perdido para construção de aterros sanitários para municípios de pequeno porte, que boa parte transformou-se em lixão, devido à falta de recursos e capacidade técnica para sua operação. Há casos ainda de aterros sanitários construídos com recursos estadual ou federal, e que nunca receberam uma carga de resíduo, por falta de

equipamentos para operação, licença ambiental, recursos financeiros, dentre outros gargalos.

3) Especificamente os números do Paraná revelam um total anual de 3,47 milhões de toneladas, coletados em 2017. (100% dos municípios realizam coleta na área urbana e 72% dos municípios realizam coleta na área rural). Porém, observa-se que 40% dos municípios ainda tem disposição inadequada dos seus RSU (Fonte: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2017). Em sua opinião, por que isso ainda ocorre?

Pelos mesmos motivos citados acima. Aqui no Paraná vivenciamos essa situação de forma clara, quando a antiga SUDERHSA (hoje Instituto Água e Terra) bancou a construção de centenas de aterros sanitários, num projeto ousado à época, que incluía no mesmo terreno a construção de um barracão para triagem de materiais recicláveis.

Destes aterros sanitários construídos, estima-se que 90% transformaram-se em lixões devido a falta à falta de operação adequada, o que evidencia os problemas relatados anteriormente.

Destes 40%, grande parte são municípios de até 10 mil habitantes, que não possuem recursos suficientes para manter um aterro sanitário operando de forma adequada.

4) Especificamente na Região Metropolitana de Curitiba, um ambiente bastante urbano, qual a situação dos aterros do Caximba e da Fazenda Rio Grande?

O aterro sanitário da Caximba foi um excelente exemplo de operação, num período que poucas cidades brasileiras possuíam locais adequados para a disposição final de resíduos. Destaca-se, portanto, que a proximidade do local com o Rio Iguaçu dificilmente permitiria sua instalação nos tempos atuais.

Hoje o local continua sendo objeto de pesquisas, com a operação do sistema de tratamento de chorume que continua sendo gerado pela decomposição dos materiais aterrados.

O atual aterro sanitário, localizado na Fazenda Rio Grande, possui excelentes sistemas de operação e controle ambiental. Segundo informações recebidas, foi instalado sistema de tratamento do chorume com alta eficiência, e recentemente sistema de captação do gás gerado para geração de energia elétrica.

5) A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece o compromisso voluntário brasileiro de redução do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Em sua opinião, o Brasil atingirá essa meta?

Não atuo diretamente nessa área, mas vivenciando a gestão dos resíduos sólidos que responde por uma parcela significativa dessas emissões, não vejo num horizonte próximo a priorização do atingimento dessas metas por parte dos governos federal, estaduais e municipais.

6) E como o Paraná está contribuindo para essa meta?

Não tenho informações para contribuir.

7) O Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa a incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil. Estabelece que entre as maiores oportunidades de mitigação está a recuperação de metano em aterros sanitários para fins de aproveitamento energético. Como o Paraná está nesta questão?

Tenho conhecimento de algumas iniciativas para aproveitamento energético de aterros sanitários no Paraná: Fazenda Rio Grande (que recebe resíduos dos municípios da RMC), Londrina, Cascavel, Toledo (em processo de adequação do sistema existente). Nota-se, portanto, que os grandes aterros sanitários estão contribuindo com essa meta.

Na minha opinião, isso se dá tão e somente pela viabilidade financeira do aproveitamento energético de aterros de grande porte. Para pequenos aterros, a quantidade de gás gerado inviabiliza grande parte dessas iniciativas.

8) Desses, 5 aterros possuem aproveitamento de gases, a verificar de que tipo, qual tecnologia e quais os benefícios. Estão nas cidades de: Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo (Fonte: SNIS). O(A) Sr.(a) confirma esses dados? E por que somente esses municípios estão utilizando esta tecnologia?

Não tenho conhecimento dos sistemas nos municípios de Balsa Nova, Santa Maria do Oeste e São Pedro do Paraná. Acredito que essas informações sejam inconsistentes, pois o SNIS é um sistema autodeclaratório, e os técnicos responsáveis pelo seu preenchimento possuem pouco conhecimento técnico, causando diversas inconsistências nas informações prestadas.

Na minha opinião, os aterros de maior porte estão buscando tal tecnologia devido a viabilidade financeira.

9) O Paraná é um estado com forte vocação agropecuária. No ano de 2018 o Paraná emitiu um total de 66.255.324 CO₂e(t). O setor de agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes e dejetos de animais) é o principal emissor de GEE com 47,0%. Não seria uma oportunidade?

Sim, o Paraná possui grande potencial para aproveitamento desses resíduos. No entanto, seguem outras rotas tecnológicas, diferente das rotas para coleta, transporte, tratamento e disposição final dos RSU, o que dificulta uma solução conjunta para diferentes tipos de resíduos.

10) No setor de Resíduos Sólidos Urbanos observa-se um potencial de inserção anual de 398,31 GWh no Paraná, provenientes de “resíduos novos”. Em sua opinião, por que outros estados estão mais avançados que o Paraná?

O aproveitamento energético dos resíduos depende principalmente da sua viabilidade financeira. Enquanto seguirmos com grande número de aterros de pequeno porte, dificilmente conseguiremos atingir as metas de recuperação energética.

11) No Paraná alguns municípios têm estruturas de política e gestão de resíduos bastante alinhados com a PNRS, mas falta o envolvimento de outros setores da sociedade para transformar um problema coletivo em uma alternativa. Como está a experiência com a CS bioenergia – Sanepar?

Estive visitando a CS Bioenergia no final de 2019. Não tenho acesso às informações da unidade, mas pelo que constatei, havia pouco resíduo sólido urbano sendo destinado ao local, que acaba recebendo em sua maioria o lodo das ETEs da SANEPAR.

Na minha opinião, mais uma vez o que conta é a viabilidade financeira. Enquanto tivermos aterros sanitários podendo receber resíduos de grandes geradores da forma como são destinados atualmente (com altos índices de recicláveis e orgânicos na sua composição), a preços baixos, dificilmente o gerador irá pagar mais caro para destinar somente a fração orgânica à CS Bioenergia.

12) E essa nova usina de biogás que será construída em Ponta Grossa?

Não tenho muita informação sobre a nova usina de Ponta Grossa. Mas a maior preocupação é financeira. Enquanto houver alternativas mais baratas para disposição final, dificilmente haverá investimentos em novas tecnologias para tratamento dos resíduos.

13) Existem Programas de incentivos e de fomento para aproveitamento do biogás de RSU para municípios e para a iniciativa privada?

Não tenho conhecimento de projetos específicos para tal finalidade.

14) Com relação a Créditos de carbono e projetos MDL. O Paraná incentiva esses projetos para mitigação das Mudanças Climáticas?

Não tenho conhecimento.

15) Existe um plano de integração de experiências entre os municípios, como treinamento gestores municipais para essa área específica?

Particpei da elaboração do Plano Estadual de Resíduos Sólidos, que possuía diversas metas neste sentido. Atualmente, o R20 é a única iniciativa que agrega os técnicos dos municípios responsáveis pela gestão de resíduos sólidos, buscando capacitação conjunta para novas soluções para o setor.

16) Nos casos em que essa experiência está sendo feita, existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?

Não tenho conhecimento.

17) Comentários livres:

A PNRS foi uma excelente iniciativa, mas a partir dela deveriam surgir novas regulamentações para o setor, definindo metas e objetivos claros para seu cumprimento.

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PLANARES, foi um dos instrumentos aprovados pela PNRS, que no entanto é negligenciado quando trata-se da gestão de resíduos sólidos no Brasil.

O PLANARES definiu metas extremamente ousadas para a melhoria deste panorama. Dentre estas metas, destaca-se a redução da quantidade de recicláveis e orgânicos dispostos em aterros sanitários ao longo dos anos. Caso fosse levado a sério e fiscalizado, exigiria dos geradores uma melhor separação dos materiais, e incentivaria novas formas de tratamento dos resíduos, como a compostagem, biodigestão, dentre outros.

Portanto, perdemos uma grande oportunidade de trazer melhorias de fato na gestão de resíduos sólidos, e hoje seguimos numa situação péssima, com inúmeros lixões espalhados pelo país, e comemorando quando algum aterro sanitário possui tratamento adequado do chorume e aproveitamento energético dos seus gases, mesmo enterrando em média 50% de material orgânico e 25% de recicláveis.



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMade – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Nº 07

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA

Entrevistado: **MsC. Yuri Schmitke A. Belchior Tisi**

Data da Entrevista: **08/07/2020**

Atividade Profissional: Presidente Executivo da Associação Brasileira de Recuperação Energética de Resíduos (ABREN), Presidente do Waste-to-Energy Research Technology Council (WtERT – Brasil), Advogado sócio da Girardi & Advogados, Mestre em Direito e Políticas Públicas pelo UniCEUB, Membro do Energy Recovery Working Group da International Solid Waste Association (ISWA)

Formato: Resposta escrita

1) A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos colocou o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal. Como o(a) Sr.(a) observa esse instrumento de Política Pública?

A PNRS não colocou o Brasil em patamar de igualdade com países desenvolvidos no que concerne ao marco legal. A PNRS possui um viés social e pró-catadores, não tendo dando a necessária ênfase para que se construísse um marco legal de incentivo à reciclagem mecanizada, biodigestão anaeróbia e tratamento térmico de RSU. Veja por exemplo o detalhamento das Diretivas Europeias. Segue alguns trechos do meu livro:

“A Diretiva Europeia 1999/31/CE trouxe importantes contribuições para que haja uma destinação adequada dos RSU, tendo como premissa a necessidade de serem “tomadas medidas para reduzir a produção de gás metano proveniente dos aterros, nomeadamente para diminuir o aquecimento global por meio da redução da deposição de resíduos biodegradáveis em aterro”, assim como “disposições que estabeleçam o controle dos gases dos aterros”. A Diretiva prevê metas progressivas para redução da deposição de matéria orgânica biodegradável diretamente em aterros sanitários, conforme percentuais então fixados a partir de maio de 2001, com uma redução de 75% em cinco anos, 50% em oito anos e 35% em 15 anos, considerando a quantidade total dos resíduos biodegradáveis produzidos no ano de 1995. Prevê, ainda, que deve ser efetuado monitoramento durante toda a operação de um aterro, pelo período de (i) pelo menos 30 anos após o encerramento da deposição de RSU, ou (ii) enquanto as autoridades considerarem que o aterro pode apresentar perigo para o meio ambiente, cujos custos são de responsabilidade do operador do aterro.³²

³² UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2009/28/EC do Conselho. 1999.. Disponível em: < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:31999L0031&from=FR>>. Acesso em 10 mar. 2019.

Mais adiante foi editada a Diretiva 2008/98/EC, trazendo o conceito de hierarquia dos resíduos para os países membros da União Europeia. Consiste “na melhor opção ambiental global na legislação e política de resíduos”, tendo em vista que contribui “para efeitos de redução das emissões de gases de efeito estufa proveniente da eliminação de resíduos em aterro”, sendo que a obrigação de tratamento dos resíduos deve ser feita de modo a não trazer impactos negativos no ambiente e na saúde humana, de acordo com o princípio poluidor-pagador, em que os custos da eliminação devem ser suportados pelos produtores dos resíduos. A hierarquia dos resíduos consiste em uma ordem de prioridades na destinação dos RSU, que deve seguir a sequência de: (i) prevenção e redução; (ii) preparação para a reutilização; (iii) reciclagem; (iv) outros tipos de valorização, como, por exemplo, a valorização energética; e, (v) eliminação, sendo que os aterros devem ser evitados ao máximo nessa ordem de prioridades, assim como não se deve apoiar a incineração de materiais recicláveis.³³

No Brasil, analisamos a forma como a PNRS impactou a recuperação energética, ao excluir a mesma da ordem de prioridades na gestão e gerenciamento dos RSU, ou hierarquia de gestão de resíduos como é denominado na Diretiva Europeia 2008/98/EC e no 5º Relatório do IPCC. Nesta hierarquia de gestão de resíduos, a prioridade é prevenir e reduzir, preparar para a reutilização, reciclar, utilizar outros tipos de valorização, como a compostagem, a recuperação energética e a eliminação, sendo que os aterros devem ser evitados ao máximo nessa ordem de prioridades. A PNRS também cometeu o equívoco de denominar aterros sanitários como forma ambientalmente adequada de disposição dos RSU, porquanto, conforme visto, esta é forma subsidiária e menos adequada de destinação dos resíduos, devendo ser evitada.

Ainda analisando as falhas da PNRS, observou-se que a recuperação energética deveria constar como elemento obrigatório do plano municipal de gestão integrada de resíduos (art. 19), nas medidas prioritárias de financiamento (art. 42) e tenha a possibilidade de receber incentivos fiscais, financeiros ou creditícios (art. 44). Não prever a obrigatoriedade de o município incluir a recuperação energética é um grande desestímulo para que o gestor municipal busque a recuperação energética, inclusive por meio da captação do biogás do aterro sanitário.

Quanto à valorização energética, o Anexo II da Diretiva 2008/98 traz o conceito “R1”, aplicável às operações de valorização energética que “utilizam os resíduos como principal combustível ou outro meio de produção de energia”, incluídas instalações de incineração dedicadas ao processamento de RSU apenas quando a sua eficiência energética é igual ou superior a determinados valores que são ali indicados. Esse índice evita que sejam construídas usinas com baixa eficiência energética e que tragam prejuízos em detrimento do potencial energético dos RSU.³⁴

A partir da Diretiva 2000/76/CE³⁵, posteriormente reformulada na Diretiva de Emissões Industriais 2010/75/EU³⁶, todas as plantas de WTE passaram cumprir, pelo menos, os rigorosos padrões de emissão de gases na atmosfera, mediante monitoramento, recepção de resíduos e respectivo tratamento. Com o aumento da *tipping fee* dos aterros e rigorosa fiscalização, houve um enorme incentivo para adoção das usinas WTE na Europa, enquanto a deposição em aterros sanitários passou a ser com a obrigatoriedade de

³³ UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2008/98/EC do Parlamento Europeu e do Conselho. 2008. Disponível em: < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN>>. Acesso em 10 mar. 2019.

³⁴ *Ibidem*.

³⁵ UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2000/76/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. 2000. Disponível em: < <https://publications.europa.eu/pt/publication-detail/-/publication/f735dd50-bee0-43e5-aad7-f6387270dcb9/language-pt>>. Acesso em 10 mar. 2019.

³⁶ UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2010/75/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. 2000. Disponível em: < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=PT>>. Acesso em 10 mar. 2019.

captação do biogás, que pode ser queimado no *flare*³⁷, captado para geração de energia elétrica ou purificado para utilizar o biometano em processos industriais e veículos, sendo vedada a sua livre emissão na atmosfera. Com efeito, a União Europeia registrou, em 2017, que 47% dos RSU foram destinados aos processos de reciclagem e compostagem, 28% utilizados como insumo para usinas de tratamento térmico e apenas 24% depositados em aterros sanitários.³⁸

<https://www.amazon.com.br/Energy-Recupera%C3%A7%C3%A3o-Energ%C3%A9tica-Ambientalmente-Destina%C3%A7%C3%A3o/dp/655010016X>

2) Entretanto, é preciso destacar que é complexa a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, dessa forma, muitos municípios brasileiros não estão cumprindo o proposto na PNRS, nem os prazos estipulados para encerramento dos lixões. Quais os motivos, em sua opinião?

Os motivos para não ter ocorrido o encerramento nos lixões residem na atual Taxa de Limpeza Pública (TLP), na inexistência de obrigações legal que estipulem a formação de consórcios para a obtenção escala para a construção de bons aterros sanitários e, melhor ainda, usinas de recuperação energética. Ainda, a vedação de contratos sem licitação ou de curto prazo, de forma a obrigar que seja feito tudo por meio de licitação e contratos de longo prazo, mediante a cobrança de tarifa na conta de consumo, como a de água ou outros serviços públicos. Confira mais um trecho do meu livro:

“A TLP, cobrada atualmente junto com o IPTU, além de não refletir a quantidade de RSU gerados, pode vir a ser apropriada pelo Município. Para que a recuperação energética possa ser melhor remunerada, esse serviço deve ser delegado, por meio de concessão ou PPP, seguida da extinção da TLP e da criação de uma tarifa (preço público), que se constitui um recebível que pode ser dado em garantia ao banco financiador para a obtenção de recursos para a construção da usina, apto a estimular o desenvolvimento de novos negócios e soluções tecnológicas mais eficientes para a gestão de RSU, nos termos do art. 29, inciso II, da Lei nº 11.445/2007 (Lei das Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico). Conforme exposto, o sucateamento do serviço de resíduos tem sido, em parte, em razão da insuficiência e da natureza jurídica da arrecadação via TLP.”

Essa semana também respondi sua pergunta no meu artigo publicado no Estadão:

O Brasil possui um grande déficit de saneamento a ser resolvido nos próximos anos. Para fazer frente a este desafio, Executivo, Legislativo e associações têm envidado esforços para a construção de um novo marco regulatório de saneamento, merecendo destaque as alterações que estão sendo feitas na Lei Nacional de Saneamento (Lei nº 11.445/2007) para se buscar a correta destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), ou lixo urbano como é comumente conhecido.

O grande problema situa-se em função da inexistência de mecanismos de financiamento que permitam a sustentabilidade dos projetos e confirmam segurança econômica aos contratos de concessão administrativa ou patrocinada, em especial os projetos construídos mediante Parceria Público Privada (PPP). Aliás, uma das grandes razões do projeto de lei em causa, de iniciativa do próprio Poder Executivo, foi justamente

³⁷ Na queima do gás metano no *flare* não há o aproveitamento energético do mesmo. Há apenas a queima do gás para impedir que ocorram danos em face das emissões que iriam para a atmosfera.

³⁸ CEWEP. Waste-to-energy: Energising your waste. 2018. Disponível em: <<http://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2018/07/Interactive-presentation-2018-New-slides.pdf>>. Acesso em 03 mar. 2019.

normalizar a cobrança pelo serviços de gestão pública dos RSU, por meio de uma tarifa em conta de consumo.

O PL nº 4.162/2019, que incorporou redações das Medidas Provisórias nº 844/2018 nº 868/2018, assim como do PL nº 3.261/2019, traz importantes e significativos avanços para permitir a delegação do serviço público de saneamento para empresas privadas, mediante contratos de concessão a longo prazo, possibilitando a cobrança do serviço por meio de tarifa na conta de consumo conjunta ou espelhada em outros serviços públicos, tudo com vistas a permitir a realização de investimentos e a sua respectiva amortização.

Outra grande ação estratégica contida na iniciativa legislativa é centrada no disciplinamento do sistema de forma uniforme, restringindo os contratos de programa e outras formas contratuais que terminam contornando a Lei de Licitações e o sistema de concessão, redundando em investimentos insuficientes, o que explica em boa parte os 37% de RSU que hoje são destinados a lixões a céu aberto. Vale destacar, o Brasil gasta 1,6 bilhão por ano no tratamento de pessoas que tiveram exposição inadequada com o lixo urbano (ISWA, 2015).

Durante a votação do PL 4.162/2019 no Plenário da Câmara dos Deputados, foi incluído o art. 20, sem que houvesse discussão prévia sobre o dispositivo, que impõe indevida restrição na aplicação do § 8º, do art. 13, da Lei nº 11.107/05 (Lei dos Consórcios Públicos) e também dos arts. 8º, 10 e 10-A, da Lei nº 11.445/2007 (Lei Nacional do Saneamento), aos serviços de limpeza urbana e manejo de RSU. Ou seja, a aplicação de tais dispositivos ficou restrita somente aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, retirando dos serviços de limpeza pública e manejo de RSU a vedação de formalização de novos contratos de programa e a exigência de contrato de concessão.

Se tal pretensão for levada à cabo, a necessária modernização e moralização dos serviços de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos urbanos – o que também inclui a mais que esperada introdução da rota tecnológica do tratamento por meio da valorização energética ou recuperação energética de resíduos, ficarão absolutamente prejudicados, perenizando-se o péssimo atendimento e a situação de descaso atual para com a saúde pública.

<https://politica.estadao.com.br/blogs/fausto-macedo/novo-marco-do-saneamento-como-grande-propulsor-da-valorizacao-energetica-de-residuos-no-brasil/>

3) Especificamente os números do Paraná revelam um total anual de 3,47 milhões de toneladas, coletados em 2017. (100% dos municípios realizam coleta na área urbana e 72% dos municípios realizam coleta na área rural). Porém, observa-se que 40% dos municípios ainda tem disposição inadequada dos seus RSU (Fonte: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2017). Em sua opinião, por que isso ainda ocorre?

A resposta porque isso ocorre está na pergunta anterior: falta de contratos de concessão de longo prazo e tarifa cobrada na conta de consumo, de modo a obter remuneração perene e de longo prazo apta a ser dada em garantia para obter o financiamento, tendo em vista que somente com contratos de longo prazo e tarifa torna-se possível garantir a amortização dos investimentos realizados.

4) Especificamente na Região Metropolitana de Curitiba, um ambiente bastante urbano, qual a situação dos aterros do Caximba e da Fazenda Rio Grande?

Não tenho a informação.

5) A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei no 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece o compromisso voluntário brasileiro de redução do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Ema sua opinião, o Brasil atingirá essa meta?

O Brasil ainda não inseriu a emissão de metano provenientes do RSU em suas NDCs. Sobre este ponto, cito mais um trecho do meu livro:

“O 5º Relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC)³⁹, ou Paineel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, aponta que os aterros sanitários equipados para capturar o metano, capturam, na melhor das hipóteses, apenas 50% deste GEE. O investimento de capital necessário para implantar um aterro sanitário com captação do gás metano é 30% inferior a uma usina WTE. Porém, devido à maior produção de eletricidade, uma planta WTE geralmente é mais econômica ao longo de sua vida de 30 anos ou mais⁴⁰.”

Outro trecho do artigo do Estadão responde também a pergunta:

“O 5º Relatório do IPCC da ONU (2011, Cap. 10) aponta que as usinas WTE reduzem as emissões de gases de efeito estufa em 8x, tendo em vista que os aterros capturam, em geral, apenas 50% do metano, e este é 25x mais nocivo que o CO₂. Com isso, o IPCC conclui que “as usinas WTE são a forma mais eficaz para a mitigação das emissões provocadas pelo metano dos RSU”. Além disso, mesmo os aterros sanitários trazem o risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais, o que reduz a disponibilidade da tão escassa água potável no planeta.”

6) E como o Paraná está contribuindo para essa meta?

Não tenho essa informação.

7) O Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa a incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil. Estabelece que entre as maiores oportunidades de mitigação está a recuperação de metano em aterros sanitários para fins de aproveitamento energético. Como o Paraná está nesta questão?

Não tenho essa informação.

8) Desses, 5 aterros possuem aproveitamento de gases, a verificar de que tipo, qual tecnologia e quais os benefícios. Estão nas cidades de: Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo (Fonte: SNIS). O(A) Sr.(a) confirma esses dados? E por que somente esses municípios estão utilizando esta tecnologia?

Não tenho essa informação.

9) O Paraná é um estado com forte vocação agropecuária. No ano de 2018 o Paraná emitiu um total de 66.255.324 CO₂e(t). O setor de agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes e dejetos de animais) é o principal emissor de GEE com 47,0%. Não seria uma oportunidade?

Sim. O Brasil aproveita apenas 3% do metano dos resíduos agrossilvopastoris. O Projeto GEF Biogás tem realizado estudos relevantes para desenvolver este setor.

Veja outro trecho do artigo do Estadão:

“Para desenvolver este setor tão próspero, as Nações Unidas (Unido/ONU) dirigem o projeto Biogás Brasil, mediante recursos do GEF e de instituições nacionais, tendo por objetivo mapear e desenvolver toda a cadeia de recuperação energética a partir de resíduos animais na Região Sul, através de ferramentas de clusterização para buscar escala e reduzir custos, sem os quais tais projetos não seriam viáveis sob o aspecto econômico-financeiro. Seguindo os passos da Itália e Alemanha, o Brasil pode vir a ser um grande produtor de biometano, biocombustível incentivado pelo

³⁹ IPCC. AR 5 Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change. Chapter 10 – Industry. Disponível em: < https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter10.pdf>. Acesso em 04 mar. 2019.

⁴⁰ THEMELIS, Nickolas J. e ULLOA, Priscilla A. Methane generation in landfills. Renewable Energy. 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148106001091>>. Acesso em 02 fev. 2019.

programa RenovaBio e que também traz o benefício de substituir as emissões dos combustíveis fósseis.”

10) No setor de Resíduos Sólidos Urbanos observa-se um potencial de inserção anual de 398,31 GWh no Paraná, provenientes de “resíduos novos”. Em sua opinião, por que outros estados estão mais avançados que o Paraná?

O Paraná é o único Estado do Brasil que possui uma usina de biodigestão anaeróbia de RSU e lodo de esgoto, de propriedade da CS Bio. Com isso, acredito ser o Estado brasileiro que está mais avançado quanto à recuperação ou valorização energética de RSU.

11) No Paraná alguns municípios têm estruturas de política e gestão de resíduos bastante alinhados com a PNRS, mas falta o envolvimento de outros setores da sociedade para transformar um problema coletivo em uma alternativa. Como está a experiência com a CS bioenergia – Sanepar?

A CS Bioenergia tem uma usina com tecnologia europeia de ponta, que trata lodo de esgoto misturado com RSU separado na origem. A usina ainda não está operando em 100% de sua capacidade, mas isso deve ocorrer em breve. Houveram diversos problemas de operação, atrasos e problemas jurídicos no Consórcio formado entre Catalini e Sanepar, mas acredito que tais óbices serão superados e em breve a planta esteja 100% operacional.

12) E essa nova usina de biogás que será construída em Ponta Grossa?

Não tenho conhecimento.

13) Existem Programas de incentivos e de fomento para aproveitamento do biogás de RSU para municípios e para a iniciativa privada?

Não existem, apenas o projeto GEF mas que é para biogás da agropecuária.

14) Com relação a Créditos de carbono e projetos MDL. O Paraná incentiva esses projetos para mitigação das Mudanças Climáticas?

Os créditos de carbono não são melhor mecanismo. Sugiro estudar o RENOVABIO, IREC Brasil e *green bonds* certificados pela Climate Bonds Initiative – CBI. A ABREN faz parte do IREC Brasil e é parceira da CBI. São mecanismos que detêm maior alavancagem e resultados com energias renováveis. Eu posso lhe fornecer os standards de elegibilidade da CBI e no site da IREC Brasil você encontra toda as informações.

Sobre o RENOVABIO, segue trecho do meu livro:

“O biogás, gerado por meio de usinas de compostagem anaeróbica, a partir do processo de MBT, com separação e utilização do resíduo orgânico, assim como o biogás capturado em aterros sanitários, pode ser purificado para a produção de biometano, que é um biocombustível que pode ser utilizado em veículos e processos industriais, especialmente em uma frota de ônibus municipal, cujos recebíveis da tarifa de ônibus podem ser utilizados para financiar uma usina WTE. Com tais considerações, passa-se a expor sobre o marco regulatório de biocombustíveis e como os incentivos já existentes podem contribuir para a substituição de combustíveis fósseis por biocombustível proveniente de usinas WTE.

Lei nº 9.478/1997, que dispõe sobre a política energética nacional, define que a política nacional para o aproveitamento racional das fontes de energia deve visar aos objetivos de “incrementar, em bases econômicas, sociais e ambientais, a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional”⁴¹, conforme as alterações que foram promovidas pela Lei nº 11.097/2005, que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira. Mais adiante foi editada a Lei nº 12.490/2011, incluindo nas políticas nacionais de energia o objetivo de “garantir o fornecimento de biocombustível em todo o território nacional”, “incentivar a geração de

⁴¹ Vide art. 1º, inciso XII, com redação dada pela Lei nº 11.097/2005.

energia elétrica a partir da biomassa e de subprodutos da produção de biocombustíveis, em razão do seu caráter limpo, renovável e complementar à fonte hidráulica”, “promover a competitividade do País no mercado internacional de biocombustíveis”, “atrair investimentos em infraestrutura para transporte e estocagem de biocombustíveis” e “mitigar as emissões de gases causadores de efeito estufa e de poluentes nos setores de energia e de transportes, inclusive com o uso de biocombustíveis”.⁴²

A Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), foi criada pela Lei nº 9.478/1997, sendo autarquia especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, definida como órgão regulador da indústria do petróleo, gás natural, seus derivados e biocombustíveis.⁴³ A ANP detém a competência de promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis, cabendo implementar as políticas de petróleo, gás natural e biocombustíveis, dentre outras competências.

Segundo prescreve o art. 68-A, da Lei nº 9.478/1997, “qualquer empresa ou consórcio de empresas constituídas sob as leis brasileiras com sede e administração no País poderá obter autorização da ANP para exercer as atividades econômicas da indústria de biocombustíveis.”, por meio de prazo a ser definido em regulamento a ser editado pela ANP, sendo que referida autorização somente poderá ser revogada por solicitação do próprio interessado ou por ocasião do cometimento de infrações passíveis de punição com essa penalidade e previstas em lei.⁴⁴ Com isso, verifica-se haver segurança jurídica e institucional para atrair investimentos nesse setor, assim como ocorre com o setor elétrico brasileiro.

Segundo o art. 6º, inciso XXIV, da Lei nº 9.478/1997, biocombustível se caracteriza como:

Substância derivada de biomassa renovável, tal como biodiesel, etanol e outras substâncias estabelecidas em regulamento da ANP, que pode ser empregada diretamente ou mediante alterações em motores a combustão interna ou para outro tipo de geração de energia, podendo substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil.

Para fins de regulamentar as “outras substâncias”, a ANP editou a Resolução nº 8/2015, definindo o biometano como “biocombustível gasoso constituído essencialmente de metano, derivado da purificação do Biogás”. Referida Resolução ainda cuida da possibilidade de mistura do biometano ao gás natural, redefine o conceito de Gás Natural Veicular (GNV), que pode ser composto por Gás Natural (GN), biometano, ou uma mistura de ambos, permite a distribuição do biometano por gasoduto, inclusive misturado com GN, assim como permite o transporte de biometano oriundo de RSU ou de resíduos de esgotamento sanitário por meio de veículos transportadores de gás comprimido. O produtor de biometano deve emitir diariamente o Certificado de Qualidade, que conterà a análise de todas as características, os limites de especificação e os métodos empregados, conforme Regulamento Técnico anexo à Resolução.⁴⁵

A Resolução nº 8/2015, cuida dos padrões de certificação do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais destinados ao uso veicular e às instalações residenciais e comerciais, ao passo que o biometano obtido a partir de RSU ou resíduos de esgotamento sanitário deve ser certificado nos termos da Resolução nº

⁴² Vide art. 1º, incisos XIII, XIV, XV, XVI e XVIII, com redação dada pela Lei nº 12.490/2011.

⁴³ Vide art. 7º da Lei nº 11.097/2005.

⁴⁴ Vide art. 68-A, § 2º, inciso 3º e 4º, da Lei nº 9.478/1997, com redação dada pela Lei nº 12.490/2011.

⁴⁵ ANP. Resolução nº 8/2015. Disponível em: < <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2015/janeiro&item=ramp-8-2015>>. Acesso em 16 set. 2019.

685/2017, e Regulamento Técnico anexo. No entanto, em se tratando de biometano para geração de energia elétrica, fica dispensada o atendimento à especificação e às obrigações quanto ao controle da qualidade. A Resolução 685/2017 também traz padrões bem mais rígidos de qualidade, exigindo que o laudo seja feito por profissional de química e seja enviado até o 15º dia do mês para a ANP.⁴⁶ Todas essas exigências são necessárias para garantir qualidade, eficiência e evitar problemas técnicos e de odo na utilização do biometano.

Por meio da Lei nº 13.576/2017, foi criada a Política Nacional de Biocombustíveis, denominada RenovaBio, surgida a partir da valorização do potencial nacional de fontes renováveis, associados aos compromissos sobre mudanças climáticas que o Brasil assumiu no âmbito da COP21. A política baseia-se em três principais instrumentos, que são (i) as metas anuais de redução de intensidade de carbono (gCO₂/MJ) para um mínimo de dez anos, (ii) a Certificação de Biocombustíveis e (iii) o Crédito de Descarbonização (CBIO). Também prevê políticas de incentivo para a adição de biocombustíveis aos derivados de petróleo, mecanismos de diferenciação tributária entre renováveis e fósseis, assim como linhas de financiamento.

Diversas foram as regulamentações da ANP sobre o RenovaBio. A Resolução ANP nº 758/2018 regulamentou a Certificação da Produção ou Importação Eficiente de Biocombustíveis, e trouxe a RenovaCalc, ferramenta que contabiliza a intensidade de carbono de um biocombustível (em g CO₂ eq./MJ) para comparar ao combustível fóssil equivalente, tendo por objetivo comprovar o desempenho ambiental da produção de biocombustíveis. Em julho de 2019, a ANP publicou a Resolução nº 791/2019, que dispõe sobre a individualização das metas compulsórias anuais de redução das emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis, detalhando a forma de rateio das metas globais em metas individuais das distribuidoras, bem como listando os combustíveis fósseis que possuem biocombustível substituto em escala comercial, o qual irá influenciar assim as metas individuais.

No entanto, ainda se aguarda a publicação da resolução que irá tratar da emissão, vencimento, distribuição, intermediação, custódia, negociação e demais aspectos que estão relacionados aos Créditos de Descarbonização (CBIO), instrumento que será negociado no mercado financeiro da B3 S.A. A ANP também está desenvolvendo o Sistema RenovaCalc e o Sistema de formação do Lastro das Notas Fiscais para Emissão de CBIO, instrumentos que irão auxiliar no controle e no armazenamento das informações necessárias ao funcionamento do RenovaBio. Espera-se que em 2020 o RenovaBio esteja funcionando plenamente, trazendo todos os benefícios econômicos, sociais e ambientais desejados para o País.⁴⁷

O RenovaBio irá criar um ambiente sustentável para investimentos de até R\$ 1,3 trilhão até 2030, criando um mecanismo nacional de captura de carbono por unidade de energia, trazendo mais eficiência na produção de biocombustíveis, implementado mecanismos concorrenciais para beneficiar os consumidores de combustíveis e reduzir o déficit de importação de combustíveis fósseis. No entanto, não é correto afirmar que os mecanismos do RenovaBio possam ser classificados como subsídios ou que aumentam impostos na cadeia de combustíveis. Trata-se de um mecanismo de captura de carbono que valoriza o serviço de retirada de CO₂eq da atmosfera, por meio da produção nacional de biocombustíveis, gerando mais eficiência e concorrência para o mercado, o que será operacionalizado por meio de

⁴⁶ ANP. Resolução nº 685/2017. Disponível em: < <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2017/junho&item=ramp-685--2017>>. Acesso em 16 set. 2019.

⁴⁷ EPE. Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis. 2018. Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/analise-de-conjuntura-dos-biocombustiveis-2018>>. Acesso em 16 set. 2019.

CBIOS, que poderão ser negociados internacionalmente, ajudando assim a promover o desenvolvimento de alternativas de baixo carbono em todo o mundo.⁴⁸ Trata-se de um importante instrumento de governança global para o desenvolvimento sustentável no cumprimento das metas de redução de GEE na atmosfera.

O biogás é composto por 50 a 70% de metano, cujo conteúdo energético é similar ao gás natural. Em sendo atendidos os requisitos mínimos determinados pela regulamentação analisada, o biometano pode substituir o biodiesel nos maquinários do setor agrícola e veículos pesados, como caminhões e ônibus, além de poder ser injetado na malha dutoviária de gás natural de origem fóssil. Com o programa de governo Novo Mercado de Gás, que pretende criar um mercado pulverizado e concorrencial de distribuição do gás natural do pré-sal no Brasil, cria-se uma grande oportunidade para a comercialização do biometano, o que irá propiciar maior sinergia entre o combustível fóssil e o renovável.⁴⁹

Ao analisar as cidades com mais de 60 mil habitantes no Brasil, constatou-se que os veículos usados pelas pessoas emitem 171 mil toneladas de poluentes locais por ano, sendo que 59% são emitidos por ônibus e 31% por automóveis. Considerando as emissões de CO₂eq, os veículos de transporte de pessoas emitem 31,6 milhões de toneladas por ano, sendo 67% por automóveis e 29% dos ônibus.⁵⁰ O setor de transportes é responsável por 23% do total da emissões de GEE (CO₂eq), sendo que 72,06% são provenientes do setor de transportes viários.⁵¹ Trata-se, portanto, de um setor que possui quantidades significativas de emissões de GEE, o que justifica uma política pública de descarbonização como o RenovaBio.”

15) Existe um plano de integração de experiências entre os municípios, como treinamento gestores municipais para essa área específica?

Não tenho essa informação.

16) Nos casos em que essa experiência está sendo feita, existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?

Não tenho essa informação.

17) Comentários livres:

Sugiro a leitura integral do meu livro e do artigo publicado no Estadão, que segue abaixo:

Novo marco do saneamento como grande propulsor da valorização energética de resíduos no Brasil

O Brasil possui um grande déficit de saneamento a ser resolvido nos próximos anos. Para fazer frente a este desafio, Executivo, Legislativo e associações têm envidado esforços para a construção de um novo marco regulatório de saneamento, merecendo destaque as alterações que estão sendo feitas na Lei Nacional de Saneamento (Lei nº 11.445/2007) para se

⁴⁸ *Ibidem.*

⁴⁹ *Ibidem.*

⁵⁰ ANTP. Sistema de informação da mobilidade urbana da Associação Nacional de Transportes

Públicos: SIMOB/ANTP: relatório geral 2016. São Paulo: Associação Nacional de Transportes

Públicos – ANTP, 2018. Disponível em: ><http://files.antp.org.br/simob/simob-2016-v6.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2019.

⁵¹ IPCC. AR 5 Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change. Chapter 08 – Transport. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf> Acesso em 16 set. 2019.

buscar a correta destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), ou lixo urbano como é comumente conhecido.

O grande problema situa-se em função da inexistência de mecanismos de financiamento que permitam a sustentabilidade dos projetos e confirmem segurança econômica aos contratos de concessão administrativa ou patrocinada, em especial os projetos construídos mediante Parceria Público Privada (PPP). Aliás, uma das grandes razões do projeto de lei em causa, de iniciativa do próprio Poder Executivo, foi justamente normalizar a cobrança pelo serviços de gestão pública dos RSU, por meio de uma tarifa em conta de consumo.

O PL nº 4.162/2019, que incorporou redações das Medidas Provisórias nº 844/2018 nº 868/2018, assim como do PL nº 3.261/2019, traz importantes e significativos avanços para permitir a delegação do serviço público de saneamento para empresas privadas, mediante contratos de concessão a longo prazo, possibilitando a cobrança do serviço por meio de tarifa na conta de consumo conjunta ou espelhada em outros serviços públicos, tudo com vistas a permitir a realização de investimentos e a sua respectiva amortização.

Outra grande ação estratégica contida na iniciativa legislativa é centrada no disciplinamento do sistema de forma uniforme, restringindo os contratos de programa e outras formas contratuais que terminam contornando a Lei de Licitações e o sistema de concessão, redundando em investimentos insuficientes, o que explica em boa parte os 37% de RSU que hoje são destinados a lixões a céu aberto. Vale destacar, o Brasil gasta 1,6 bilhão por ano no tratamento de pessoas que tiveram exposição inadequada com o lixo urbano (ISWA, 2015).

Durante a votação do PL 4.162/2019 no Plenário da Câmara dos Deputados, foi incluído o art. 20, sem que houvesse discussão prévia sobre o dispositivo, que impõe indevida restrição na aplicação do § 8º, do art. 13, da Lei nº 11.107/05 (Lei dos Consórcios Públicos) e também dos arts. 8º, 10 e 10-A, da Lei nº 11.445/2007 (Lei Nacional do Saneamento), aos serviços de limpeza urbana e manejo de RSU. Ou seja, a aplicação de tais dispositivos ficou restrita somente aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, retirando dos serviços de limpeza pública e manejo de RSU a vedação de formalização de novos contratos de programa e a exigência de contrato de concessão.

Se tal pretensão for levada à cabo, a necessária modernização e moralização dos serviços de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos urbanos – o que também inclui a mais que esperada introdução da rota tecnológica do tratamento por meio da valorização energética ou recuperação energética de resíduos, ficarão absolutamente prejudicados, perenizando-se o péssimo atendimento e a situação de descaso atual para com a saúde pública.

Vale ressaltar, neste contexto, que as usinas de valorização energética de resíduos detêm elevados atributos ambientais e elétricos, contribuindo significativamente para a mitigação dos gases de efeito estufa emitidos pelos resíduos orgânicos. Sob as tecnologias de biodigestão anaeróbia de resíduos animais, vegetais e urbanos, ou tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos, industriais ou hospitalares, a ABREN pretende incentivar a geração de energia limpa e renovável na fração orgânica, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a descarbonização da matriz energética.

Em todo o mundo, existem mais de 1.300 usinas de incineração (*mass burning*) ou *Waste-to-Energy (WTE)* em operação, outras 1.130 usinas de gaseificação e pirólise de menor porte, e centenas de milhares de biodigestores anaeróbios para tratamento da fração orgânica segregada na origem, sendo que no Brasil não existe nenhuma usina de WTE e apenas uma usina de biodigestão de RSU e lodo de esgoto em Curitiba-PR.

Dado que o Brasil tem muitos aterros sanitários, com aproximadamente 400 com licença ambiental de operação, a tendência é

que a rota tecnológica de captura de gás de aterro avance bastante. A ABREN apoia a geração de eletricidade a partir do biogás extraído do aterro, mas nossa defesa tem sido com bastante ênfase na utilização de usinas *Waste-to-Energy* (WTE), principalmente nas regiões metropolitanas em que se gasta cada vez mais com o transporte do lixo para aterros cada vez mais distantes.

As usinas WTE são a forma mais adequada e eficaz de destinação ambientalmente adequada do lixo urbano, mediante as rotas tecnológicas de incineração/combustão, gaseificação e pirólise. Para RSU, a tecnologia mais utilizada mundialmente (em mais de 93% das ocasiões) é *mass burning*, especialmente as que usam grelhas móveis. Em termos energéticos, o gás de aterro pode gerar até 65 kWh por tonelada de RSU, ao passo que em uma usina WTE gera de 450 kWh a 600 kWh por tonelada, considerando a umidade média de 60% do nosso lixo.

O 5º Relatório do IPCC da ONU (2011, Cap. 10) aponta que as usinas WTE reduzem as emissões de gases de efeito estufa em 8x, tendo em vista que os aterros capturam, em geral, apenas 50% do metano, e este é 25x mais nocivo que o CO₂. Com isso, o IPCC conclui que “as usinas WTE são a forma mais eficaz para a mitigação das emissões provocadas pelo metano dos RSU”. Além disso, mesmo os aterros sanitários trazem o risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais, o que reduz a disponibilidade da tão escassa água potável no planeta.

Considerando as regiões metropolitanas do Brasil, seria possível destinar 35% dos RSU para usinas de tratamento térmico, com uma capacidade de geração de aproximadamente 1.300 GWh/mês, montante suficiente para atender 3,29% da demanda nacional de energia elétrica, o que demandaria investimentos na ordem de R\$ 39 bilhões de reais (CAPEX). A Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014) aponta que o Brasil possui o potencial de construir aproximadamente 100 plantas de usinas WTE (*mass burning*), para atender 5,4% da demanda nacional de eletricidade.

Para o desenvolvimento das usinas WTE de tratamento térmico de RSU, existem dois grandes desafios para viabilizar o financiamento do projeto (*project finance*). O primeiro se refere a taxa de lixo, que tem sido a grande responsável pelo sucateamento dos serviços de manejo de resíduos em boa parte do País. O segundo se refere a inexistência de leilões ou outros mecanismos de contratação e precificação adequada da energia elétrica gerada por essas usinas. O ideal é que houvesse um balcão único para contratação destes projetos e acordos operacionais entre Município (que deve tratar o lixo) e União (quem deve comprar a energia).

Em quase todos os Municípios brasileiros é cobrada uma Taxa de Limpeza Pública (TLP), juntamente com o IPTU. Como trata-se de imposto que é cobrado pelo Município e pode ser desviado para outras finalidades, o que ocorre com bastante frequência, recomenda-se que a taxa seja substituída por uma tarifa cobrada na conta de consumo de outro serviço público essencial, por exemplo na conta de água. O Paraná já pratica isso em 120 Municípios, com base no art. 29, da Lei nº 11.445/2007 (Lei Nacional do Saneamento), e tal prática está sendo explicitamente prevista na redação do novo marco do saneamento.

Outra questão relevante que serve como garantia (recebível) para o financiamento de projetos de usinas WTE é a possibilidade da venda antecipada da energia elétrica em contratos de compra e venda de longo prazo, conhecidos como CCEARs. Por meio de leilões regulados promovidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), praticamente toda a energia elétrica no Brasil tem sido contratada dessa forma para suprir as distribuidoras de energia no âmbito do mercado regulado (cativo), que hoje representa aproximadamente 70% da demanda de eletricidade no Brasil.

Segundo estudos da ABREN, o preço médio da energia elétrica produzida pelas usinas de tratamento térmico de resíduos fica em torno de

R\$ 450,00/MWh a R\$ 600,00/MWh, considerando a mesma tarifa paga para um aterro sanitário, em torno de R\$ 100,00 a R\$ 120,00 por tonelada. O valor estipulado pela Portaria MME nº 65/2018, projeta o valor teto de R\$ 561,00/MWh (VRES) para a contratação por meio de chamadas públicas pelas distribuidoras, ao passo que a EPE estabeleceu um valor de R\$ 450,00/MWh (abril de 2020). Essa não é uma receita fixa e que depende de uma série de fatores para ser estabelecida, mas já dá uma boa ideia dos preços para fins comparativos.

O preço da energia produzida pelas usinas de WTE poderia alcançar o custo real de R\$ 33,00/MWh, ao se considerar o custo evitado pelo processo de combustão *mass burning*. Ao considerar a eliminação do custo do transporte dos resíduos para aterros, que em algumas cidades têm que percorrer mais de 90 km para alcançar um aterro onde possa lançar o seu lixo (R\$ 300,00/MWh); a diminuição das despesas causadas ao Sistema de Saúde Pública pelas diversas doenças provenientes desses aterros (R\$ 80,00/MWh); e finalmente com a eliminação do custo da transmissão de energia elétrica, uma vez que as usinas WTE são conectadas no centro de carga, diretamente na rede de distribuição (R\$ 37,00/MWh); resultará numa economia ou custo evitado de R\$ 417,00/MWh para os cofres públicos, conforme aponta estudo da Engenho (2020).

Ainda que se considere o preço médio de venda de eletricidade a R\$ 450,00/MWh, sabe-se que 33% das termoelétricas fósseis hoje em operação geram acima deste valor, conforme o PMO de março do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), do mês de março de 2020. Nesse sentido, percebe-se que além de ser uma questão relevante de saneamento público, as usinas WTE são competitivas sob a perspectiva energética, podendo facilmente substituir termoelétricas fósseis, especialmente às térmicas com custos elevados e cujos contratos vencem em 2023.

A empresa FOXX HAZTECH é a empresa que tem sido pioneira nesse seguimento ao projetar a usina de Barueri, com 20 MW de potência instalada e potencial de tratar até 825 ton/dia de RSU, com a tecnologia chinesa da empresa Jin Jang. Já detém a licença ambiental de instalação, tarifa, energia vendida no mercado e financiamento, devendo começar as obras ainda este ano.

A empresa Grupo Lara, que opera aterros sanitários e trata 20.000 ton/dia de RSU, tem projeto para implementar uma usina de 80 MW de potência instalada, para tratar 3.000 ton/dia de RSU, na cidade da Mauá, São Paulo, que dista 45 km da Capital do Estado de São Paulo, sendo que o projeto está na iminência de obter a licença prévia ambiental. Será um projeto com a tecnologia alemã Standard-kessel Baumgarte e uma das maiores usinas do mundo.

A Empresa Ciclus trata aproximadamente 10.000 ton/dia de RSU no aterro de Seropédica, Rio de Janeiro-RJ, e pretende construir uma usina WTE *mass burning* de 30 MW de potência instalada, para tratar 1.300 ton/dia de RSU, podendo ainda construir usinas maiores e outras tantas unidades. A Ciclus já detém a Licença Prévia Ambiental.

Outra rota tecnológica não menos importante é o biogás gerado a partir da biodigestão anaeróbica de resíduos orgânicos (esterco de aves, suínos, gado, resíduos de frigoríficos e laticínios, resíduos urbanos e vegetais). Estima-se que o Brasil poderia substituir 40% do diesel com o biogás, e somente na fração urbana dos orgânicos seria possível abastecer 100% dos caminhões de lixo e 90% dos ônibus urbanos com o biometano extraído do biogás por meio de processos de purificação (EPE, 2020). Segundo a World Biogas Association, o Brasil aproveita apenas 2% deste potencial.

Para desenvolver este setor tão próspero, as Nações Unidas (Unido/ONU) dirigem o projeto Biogás Brasil, mediante recursos do GEF e de instituições nacionais, tendo por objetivo mapear e desenvolver toda a cadeia de recuperação energética a partir de resíduos animais na Região Sul, através de ferramentas de clusterização para buscar escala e reduzir

custos, sem os quais tais projetos não seriam viáveis sob o aspecto econômico-financeiro. Seguindo os passos da Itália e Alemanha, o Brasil pode vir a ser um grande produtor de biometano, biocombustível incentivado pelo programa RenovaBio e que também traz o benefício de substituir as emissões dos combustíveis fósseis.

Segundo aponta a Climate Bonds Initiative (CBI), o Brasil tem o potencial de investimentos de até R\$ 145 bilhões a serem realizados nos próximos 12 anos na gestão dos resíduos sólidos urbanos, o que irá gerar maior arrecadação de tributos, abrir vagas de trabalho e permitir que se concretizem os objetivos da economia circular e do



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMade – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Nº 08

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

Entrevistado: **Dr. Glauco Requião**

Data da Entrevista: **15/07/2020**

Atividade Profissional: Procurador de Geral do Município de Pontal do Paraná / PR
Ex - Presidente da Cs Bioenergia / Sanepar.
Ex – Diretor de Meio Ambiente e Ação Social da Sanepar

Formato: Resposta escrita

1) A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos colocou o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal. Como o(a) Sr.(a) observa esse instrumento de Política Pública?

Sem dúvidas é um dos mais importantes instrumentos para o manejo adequado dos resíduos sólidos, as políticas públicas precisam ser implementadas após a regulamentação dos marcos legais, não podemos argumentar que o texto é perfeito enquanto que a prática inviável. No caso dos resíduos sólidos há necessidade de não se alargarem prazos e também criar linhas de crédito para as boas práticas.

2) Entretanto, é preciso destacar que é complexa a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, dessa forma, muitos municípios brasileiros não estão cumprindo o proposto na PNRS, nem os prazos estipulados para encerramento dos lixões. Quais os motivos, em sua opinião?

Os constantes adiamentos, dilações de prazo acabam por acomodar os gestores, seria importante um pacto para que não houvesse mais prorrogações, desde que houvesse uma ampla discussão sobre medidas eficientes e eficazes já testadas em alguns municípios, algo como um banco de boas práticas com financiamentos disponíveis.

3) Especificamente os números do Paraná revelam um total anual de 3,47 milhões de toneladas, coletados em 2017. (100% dos municípios realizam coleta na área urbana e 72% dos municípios realizam coleta na área rural). Porém, observa-se que 40% dos municípios ainda tem disposição inadequada dos seus RSU (Fonte: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2017). Em sua opinião, por que isso ainda ocorre?

Justamente pela convivência dos poderes que dilatam prazos e adiam as soluções. Somente uma ação concreta, integrada e com prazos adequados e improrrogáveis conseguiria reverter este quadro.

4) Especificamente na Região Metropolitana de Curitiba, um ambiente bastante urbano, qual a situação dos aterros do Caximba e da Fazenda Rio Grande?

A Caximba está encerrada, com alguns planos de reaproveitamento do terreno como implantação de painéis solares no maciço existente. Em Fazenda Rio Grande, pelo que sei é um aterro licenciado, operando como tal, dentro do licenciamento que obteve.

5) A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece o compromisso voluntário brasileiro de redução

do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Ema sua opinião, o Brasil atingirá essa meta?

Não creio que consiga. Ainda faltam incentivos e uma política ambiental mais clara por parte do governo federal. Parece que somente agora, com a pressão externa, nosso governo entendeu que precisa discutir e implementar uma política ambiental comprometida com os valores da sustentabilidade, abandonando o discurso ultrapassado de antagonismo entre desenvolvimento e meio ambiente.

6) E como o Paraná está contribuindo para essa meta?

Como todos os estados, de maneira muito tímida, as empresas estatais participam ativamente de programas de redução de gases efeito estufa, porém falta uma boa caminhada para o engajamento da indústria e uma política de incentivo à energia limpa e mobilidade urbana.

7) O Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa a incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil. Estabelece que entre as maiores oportunidades de mitigação está a recuperação de metano em aterros sanitários para fins de aproveitamento energético. Como o Paraná está nesta questão?

Praticamente a zero. Existem alguns bons projetos muito localizados. Em Cascavel o aterro sanitário aproveita a energia do biogás gerado, mas ainda é muito pouco para um estado como o nosso.

8) Desses, 5 aterros possuem aproveitamento de gases, a verificar de que tipo, qual tecnologia e quais os benefícios. Estão nas cidades de: Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo (Fonte: SNIS). O(A) Sr.(a) confirma esses dados? E por que somente esses municípios estão utilizando esta tecnologia?

Só conheço o case de Cascavel.

<https://oparana.com.br/noticia/cascavel-usa-energia-do-lixo/>

9) O Paraná é um estado com forte vocação agropecuária. No ano de 2018 o Paraná emitiu um total de 66.255.324 CO₂e(t). O setor de agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes e dejetos de animais) é o principal emissor de GEE com 47,0%. Não seria uma oportunidade?

Sim, se não me engano há um projeto de bastante sucesso nesse sentido na região Sudoeste do Paraná. Cooperativas se dedicam à geração de energia.

10) No setor de Resíduos Sólidos Urbanos observa-se um potencial de inserção anual de 398,31 GWh no Paraná, provenientes de “resíduos novos”. Em sua opinião, por que outros estados estão mais avançados que o Paraná?

Faltam incentivos e uma política pública adequada a este fim. Estamos vivendo de iniciativas esparsas em nosso Estado.

11) No Paraná alguns municípios têm estruturas de política e gestão de resíduos bastante alinhados com a PNRS, mas falta o envolvimento de outros setores da sociedade para transformar um problema coletivo em uma alternativa. Como está a experiência com a CS bioenergia – Sanepar?

Pelo que sei está a pleno vapor. Gerando energia até mesmo acima do esperado, uma iniciativa que merecia ser replicada pela empresa e até se transformar num modelo de novo negócio. Precisamos melhorar a visão de empresas públicas para serem mais ousadas em projetos de parcerias com a iniciativa privada, avançando em mercados disponíveis.

12) E essa nova usina de biogás que será construída em Ponta Grossa?

Não conheço este projeto.

13) Existem Programas de incentivos e de fomento para aproveitamento do biogás de RSU para municípios e para a iniciativa privada?

Desconheço que exista algum programa bem estruturado nesta linha.

14) Com relação a Créditos de carbono e projetos MDL. O Paraná incentiva esses projetos para mitigação das Mudanças Climáticas?

Pelo que sei ainda não. Precisamos melhorar muito nossa política de Pagamento de Serviços Ambientais (PSA), inclusive.

15) Existe um plano de integração de experiências entre os municípios, como treinamento gestores municipais para essa área específica?

Desconheço.

16) Nos casos em que essa experiência está sendo feita, existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?

Desconheço.

17) Comentários livres:



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMade – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Nº 09

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA

Entrevistado: **Msc. Mauricy Kawano**

Data da Entrevista: **16/07/2020**

Atividade Profissional: Coordenador de Meio Ambiente e Sustentabilidade da FIEP –
Federação das Indústrias do Paraná
Mestre em Engenharia Ambiental

Formato: Resposta escrita.

1) A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos colocou o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal. Como o(a) Sr.(a) observa esse instrumento de Política Pública?

A PNRS é um grande avanço para a implantação da gestão de resíduos em todo o território nacional, após muitas discussões e alinhamentos entre as partes interessadas foi aprovada. Seguindo países desenvolvidos inclui ações e atividades, que se implantadas permitem uma boa gestão dos resíduos.

2) Entretanto, é preciso destacar que é complexa a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, dessa forma, muitos municípios brasileiros não estão cumprindo o proposto na PNRS, nem os prazos estipulados para encerramento dos lixões. Quais os motivos, em sua opinião?

Os municípios muitas vezes necessitam de recursos financeiros ou mesmo humanos para fazer a gestão dos resíduos sólidos, além disto muitas vezes não é algo prioritário na gestão municipal, e com as trocas de governos o problema vai se estendendo. Não há também uma responsabilização pelo não atendimento à PNRS.

3) Especificamente os números do Paraná revelam um total anual de 3,47 milhões de toneladas, coletados em 2017. (100% dos municípios realizam coleta na área urbana e 72% dos municípios realizam coleta na área rural). Porém, observa-se que 40% dos municípios ainda tem disposição inadequada dos seus RSU (Fonte: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2017). Em sua opinião, por que isso ainda ocorre?

Falta de compromisso, planejamento e investimentos por parte dos Municípios.

4) Especificamente na Região Metropolitana de Curitiba, um ambiente bastante urbano, qual a situação dos aterros do Caximba e da Fazenda Rio Grande?

O aterro do Caximba foi encerrado, não recebe mais resíduos. O aterro da Estre em fazenda Rio Grande está operando e penso que ele ainda pode receber por anos os resíduos, mas o ideal seria reduzir a quantidade depositada, por meio do incentivo a separação e reciclagem.

5) A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece o compromisso voluntário brasileiro de redução

do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Ema sua opinião, o Brasil atingirá essa meta?

A PNMC é antiga, acredito que deva se revisada, principalmente quanto as metas, pois temos um outro panorama e também outros compromissos que surgiram com o Acordo de Paris.

6) E como o Paraná está contribuindo para essa meta?

O estado do Paraná tem sua Política Estadual de Mudanças climáticas. Por meio desta instituiu o Registro Público de Emissões e o Selo Clima Paraná e tem discutido o tema por meio do Forum Paranaense de Mudanças Climáticas.

7) O Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa a incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil. Estabelece que entre as maiores oportunidades de mitigação está a recuperação de metano em aterros sanitários para fins de aproveitamento energético. Como o Paraná está nesta questão?

Não sei qual o Panorama do Estado nesta questão do aproveitamento energético do metano. Acredito que o PERS tenha identificado esta questão. O que posso afirmar é que os aterros mais novos já são projetados e implantados para o aproveitamento energético do metano. Aterros antigos como alguns controlados, como é o caso do Caximba, e lixões não permitem a recuperação.

8) Desses, 5 aterros possuem aproveitamento de gases, a verificar de que tipo, qual tecnologia e quais os benefícios. Estão nas cidades de: Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo (Fonte: SNIS). O(A) Sr.(a) confirma esses dados? E por que somente esses municípios estão utilizando esta tecnologia?

Não confirmo, pois levantamentos nacionais possuem mais erro amostral. O ideal é olhar para uma fonte de dados mais regional como o PERS. Para se ter uma ideia o aterro da Estre de Fazenda Rio Grande, possui aproveitamento do metano.

9) O Paraná é um estado com forte vocação agropecuária. No ano de 2018 o Paraná emitiu um total de 66.255.324 CO2e(t). O setor de agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes e dejetos de animais) é o principal emissor de GEE com 47,0%. Não seria uma oportunidade?

De acordo com o inventario estadual de gases de efeito estufa o principal emissões é o setor de energia com 45,63% das emissões do Paraná. As emissões do setor de Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo aparecem em segundo lugar com 41,63%. O setor da agroindústria possui grandes potenciais de aproveitamento. O CIBIOGAS tem desenvolvidos projetos neste sentido.

10) No setor de Resíduos Sólidos Urbanos observa-se um potencial de inserção anual de 398,31 GWh no Paraná, provenientes de “resíduos novos”. Em sua opinião, por que outros estados estão mais avançados que o Paraná?

Se entendi a pergunta, a relação de resíduos com produção de energia (o correto seria GW) é possível. Não posso afirmar que outros estados estão mais avançados, mas no Paraná temos 3 cimenteiras que aproveitam energeticamente resíduos e no oeste do Paraná temos produção de biogás e energia.

11) No Paraná alguns municípios têm estruturas de política e gestão de resíduos bastante alinhados com a PNRS, mas falta o envolvimento de outros setores da sociedade para transformar um problema coletivo em uma alternativa. Como está a experiência com a CS bioenergia – Sanepar?

A CSBIOENERGIA é uma organização privada união de duas companhias, que busca a partir de resíduos produzir energia térmica e elétrica. Atualmente não sei como está a produção de energia, pois sei que a empresa passou por algumas dificuldades e redução de investimentos.

12) E essa nova usina de biogás que será construída em Ponta Grossa?

Em Ponta Grossa o projeto está sendo conduzido pelo CIBIOGAS, e tem aspectos técnicos diferentes da CSBIOenergia.

13) Existem Programas de incentivos e de fomento para aproveitamento do biogás de RSU para municípios e para a iniciativa privada?

Desconheço a existência. O que existe, são linhas de financiamento para projetos referentes a menores emissões de gases de efeito estufa.

14) Com relação a Créditos de carbono e projetos MDL. O Paraná incentiva esses projetos para mitigação das Mudanças Climáticas?

Com o avanço das discussões sobre mudanças climáticas e o acordo de Paris atualmente pouco se fala de créditos de carbono e MDL, as discussões estão voltadas para a precificação de carbono, Mecanismos de Desenvolvimento Sustentável e financiamento climático.

15) Existe um plano de integração de experiências entre os municípios, como treinamento gestores municipais para essa área específica?

Algumas trocas de experiências são feitas pelo Grupo R20 (órgão consultivo, coordenado pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo, formado por representantes dos 399 municípios paranaenses para a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Leis Estaduais de Resíduos Sólidos, bem como o Plano Estadual de Resíduos Sólidos).

16) Nos casos em que essa experiência está sendo feita, existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?

Não sei opinar.

17) Comentários livres:



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMade – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Nº 10

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA

Entrevistado: **Deputado Goura (Jorge Brand)**

Data da Entrevista: **17/07/2020**

Atividade Profissional: Deputado Estadual Legislatura 2019-2023
Presidente da Comissão de Meio Ambiente da Assembléia
Legislativa do Paraná
Mestre em Filosofia

Formato: Resposta escrita.

1) A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos colocou o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal. Como o(a) Sr.(a) observa esse instrumento de Política Pública?

A Política Nacional de Resíduos Sólidos mostra pontos importantes que, se respeitados, trarão grandes avanços para o setor de resíduos sólidos. No entanto, existe uma preocupação sobre sua efetividade, já que ela exige uma participação ampla da sociedade. É preciso que os municípios adotem também a Educação Ambiental, como Política Pública para que a comunidade participe efetivamente de todos os processos.

Na Alemanha como na Europa todos os lixões já eram proibidos, mas desde 2005 (!) até mesmo aterros sanitários novos são proibidos (outros países europeus copiaram). É importante também é que os recicláveis sejam destinados prioritariamente às cooperativas de catadores

2) Entretanto, é preciso destacar que é complexa a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, dessa forma, muitos municípios brasileiros não estão cumprindo o proposto na PNRS, nem os prazos estipulados para encerramento dos lixões. Quais os motivos, em sua opinião?

A gestão RSU não é difícil de ser implementada. Mas têm que ser política pública de fato dos governos municipais, prioridade.

O principal motivo alegado pelos prefeitos é a falta de recursos para implementação da Lei. No entanto esse é um processo constante e a longo prazo. Inclusive de elaboração e implementação da Lei da Política Municipal de Educação Ambiental, com programas e ações que incluam toda a comunidade.

Deve haver metas para cumprimento a curto, meta e longo prazo, e só assim se concretizará.

3) Especificamente os números do Paraná revelam um total anual de 3,47 milhões de toneladas, coletados em 2017. (100% dos municípios realizam coleta na área urbana e 72% dos municípios realizam coleta na área rural). Porém, observa-se que 40% dos municípios ainda tem disposição inadequada dos seus RSU (Fonte: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2017). Em sua opinião, por que isso ainda ocorre?

Em alguns municípios a política ambiental ainda permanece em segundo plano na política de desenvolvimento local, isso deixa o Município à mercê dos órgãos ambientais das esferas federal e estadual, que não possuem estrutura suficiente para atender às demandas locais, nem para perceber as especificidades de cada Município. Outros entraves são baixa disponibilidade orçamentária e a existência de conflito entre interesses políticos, pouco compromisso com a integração dos poderes e a falta de vontade política, ausência de prioridade na implementação do Plano Estadual de Resíduos Sólidos na implementação da Política Estadual Educação Ambiental.

<https://jus.com.br/artigos/43851/o-pequeno-municipio-pos-constituicao-de-1988-e-as-limitacoes-de-gestao-impostas-pelo-controle-externo>

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902012000700004&lng=en&nrm=iso

4) Especificamente na Região Metropolitana de Curitiba, um ambiente bastante urbano, qual a situação dos aterros do Caximba e da Fazenda Rio Grande?

Pela Política Nacional de Resíduos os aterros sanitários deveriam receber só os rejeitos, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada, infelizmente não é isso que acontece no Aterro da Fazenda Rio Grande que recebe 2500 toneladas dia, de todo tipo de resíduo.

Exemplo de Curitiba:

1. Resíduos produzidos na cidade de Curitiba são coletados um total de 53.333,64 toneladas média/mês.
2. Destinação final de resíduos recicláveis (Associações, Cooperativas credenciadas pelo Município Programa Ecocidadão), total de 1.617,77 toneladas média/ mês.
3. Destinação final de resíduos nos Aterros Sanitários: Estre e Essencis total de 50.221,01 toneladas média/mês.

Fonte: Prefeitura Municipal de Curitiba (Departamento de Limpeza Pública) 2019.

Em audiência sobre o aterro sanitário realizada em 2018 no Município de Fazenda Rio Grande, a população que vive no entorno do aterro sanitário, reclama frequentemente do mau cheiro na região da Caximba

Foi encaminhado recentemente para Câmara de vereadores de Curitiba um projeto de lei para implantação dos painéis solares no antigo aterro sanitário do Caximba a proposta contempla uma Unidade Fotovoltaica, com potência de 3,05 MW, com painéis em formato de pirâmides; e de Unidade Geradora a Biomassa, que vai aproveitar resíduos vegetais das podas de árvores e limpeza de jardins, com potencial de até 1,5 MW.

5) A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece o compromisso voluntário brasileiro de redução do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Em sua opinião, o Brasil atingirá essa meta?

A meta da PNMC parece fora de alcance, a NDC (Contribuição Nacionalmente Determinada) não tem nem sequer os instrumentos para seu cumprimento. O Brasil entra no ciclo da NDC com emissões em alta, sem que o governo tenha apresentado um plano para sua implementação e sem as estruturas de governança responsáveis pelo seu cumprimento. A primeira medida ambiental do presidente Jair Bolsonaro foi mudar a estrutura do Ministério do Meio Ambiente, entregando à gestão das florestas públicas do país ao Ministério da Agricultura e extinguindo a secretaria de Mudança Climática e Florestas.

As principais instâncias da governança climática federal, o CIM (Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima) e seu Grupo Executivo (Gex), também foram extintos, pelo decreto 9.759/2019, que revogou centenas de colegiados da administração federal em abril. Outras medidas, como a redução da fiscalização do Ibama e do ICMBio, a perseguição aos fiscais, o corte no orçamento de prevenção de incêndios, a suspensão do Fundo Amazônia e as promessas de abrir terras indígenas à mineração, também ajudaram a tirar o Brasil da rota da NDC ao acelerar o desmatamento. Em junho, o Climate Action Tracker declarou que a política ambiental do governo Bolsonaro está “na contramão da necessidade urgente de ação climática no Brasil”.

http://www.observatoriodoclima.eco.br/wp-content/uploads/2019/11/OC_SEEG_Relatorio_2019pdf.pdf

6) E como o Paraná está contribuindo para essa meta?

O Selo Clima Paraná é uma iniciativa da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo (Sedest) com o objetivo de combater as Mudanças Climáticas e, ao mesmo tempo, preparar as empresas paranaenses para desafios regulatórios, como o provável advento da precificação de carbono, promovendo uma transição competitiva para uma economia mais robusta, geradora de riqueza e sustentável ambientalmente.

A Sedest, por meio da Resolução nº47/2019, aperfeiçoou as Normas do Selo Clima Paraná, já valendo para a 5ª edição do Selo Clima Paraná, em 2019. A mudança visa a redução da pegada de carbono – metodologia criada para medir as emissões de gases de efeito estufa – que tem por objetivo combater as mudanças climáticas drásticas que possam causar desastres naturais.

Lei Nº 17134 DE 25/04/2012, Institui o Pagamento por Serviços Ambientais, em especial os prestados pela Conservação da Biodiversidade, integrante do Programa Bioclima Paraná, bem como dispõe sobre o Biocrédito. Mas não se tem informação sobre sua aplicabilidade.

<http://www.sedest.pr.gov.br/Pagina/Selo-Clima-Parana-0#:~:text=O%20Selo%20Clima%20Paran%C3%A1%2C%20da,estufa%2C%20causador%20do%20aquecimento%20global>

7) O Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa a incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil. Estabelece que entre as maiores oportunidades de mitigação está a recuperação de metano em aterros sanitários para fins de aproveitamento energético. Como o Paraná está nesta questão?

O Governo do Estado instituiu em 2018 a Política Estadual do Biogás e do Biometano, com o objetivo de “dar segurança jurídica a empreendedores que desejam investir neste setor e abrir oportunidades de negócios baseados nas energias renováveis.” ... a nova legislação pretende estimular novas empresas a se estabelecerem e participarem do setor produtivo do estado, através da isenção de impostos”

“De acordo com a Lei, ficam estabelecidas regras, obrigações e instrumentos de organização, incentivo, fiscalização e apoio às cadeias produtivas dos materiais derivados da decomposição de matéria orgânica. A lei também estabelece ao poder público fomentar a produção e o consumo de biogás e biometano gerados no Paraná, por meio de programas específicos instituídos em regulamento que promovam, por exemplo, a adição de um percentual mínimo de biometano ao gás canalizado distribuído no Estado e o estabelecimento de tarifas e preços mínimos.”

<http://www.iap.pr.gov.br/2018/05/1409/Governo-institui-a-Politica-Estadual-do-Biogas-e-Biometano.html>

Toledo - planos de construir segunda usina de biogás do Município. Pretende constituir um consórcio com 31 municípios próximos, para garantir a produção da energia

que pode ser gerada. Duas empresas, uma paranaense (COMPOSTEC) e outra alemã (MELE) firmaram convênio com o município para a construção da usina de Biometano.

<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=105359&tit=Parana-tera-novas-usinas-para-gerar-energia-limpa-a-partir-de-rejeitos>

Ponta Grossa - Anunciou em Janeiro deste ano a construção de uma Usina Termoelétrica Municipal de Biogás que transformará o lixo orgânico em energia elétrica.

<https://www.saneamentobasico.com.br/pg-construcao-usina-biogas/> ***

Curitiba - Aterro da Caximba -Recuperação do Aterro da Caximba (desativado) ; têm planos para instalação de usina de Biogás , através da Estre. Fazenda Rio Grande recuperação de aterro Caximba - Passivo ambiental

Fazenda Rio Grande - Aterro particular da Estre - aproveitamento energético com lançamento para rede da Copel e aproveitamento energético no próprio aterro- Tratamento de Efluentes

O Paraná têm potencialidades para recuperação de metano em aterros sanitários. O Governo do Estado têm desenvolvido ações conjuntas com entidades especializadas para fortalecer a cadeia produtiva do biogás no Paraná. com o Instituto de Tecnologia do Paraná (Tecpar) e o Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás).

A CIBiogás é co-responsável, juntamente com a Copel, pela termoelétrica instalada em Entre Rios do Oeste, na região Oeste, a primeira do País a transformar dejetos suínos em biocombustível. A usina começou a funcionar no ano passado e tem capacidade total de 480 KW, transformando por dia 215 toneladas de um agente poluidor em energia limpa.

O Paraná já conta com um laboratório especializado em biogás em Foz do Iguaçu, no Oeste. A estrutura, inaugurada em 2011 pela CIBiogás, foi a primeira do Brasil a ser acreditada pela norma ISO/IEC/ 17025:2017, atendendo a critérios exigidos mundialmente para ensaio de potencial bioquímico de metano (PBM).

O laboratório já realizou mais de 31 mil amostras desde a sua inauguração, servindo de modelo para a construção dos novos espaços no Estado.

<https://lactec.org.br/wp-content/uploads/2019/11/WalmarRodrigues.pdf>

8) Desses, 5 aterros possuem aproveitamento de gases, a verificar de que tipo, qual tecnologia e quais os benefícios. Estão nas cidades de: Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo (Fonte: SNIS). O(A) Sr.(a) confirma esses dados? E por que somente esses municípios estão utilizando esta tecnologia?

Informações não oficiais dão conta das seguintes situações nos municípios citados:

- Balsa Nova -está com pedido junto ao IAT de renovação do aterro - dreno de gás normal
- Santa Maria do Oeste - está com pedido de renovação junto ao IAT para funcionamento do aterro - dreno de gás normal.
- São Pedro do Paraná - está pedido de licença prévia para construção de aterro sanitário - a licença de instalação foi arquivada.
- Cascavel - tem licença de operação válida até 02/07/2020 - protocolou um pedido de está com pedido de renovação da licença 03/07/2020 - aterro funcionando - com raproveitamento energético para propria estação de tratamento de efluentes e com tecnologia para aproveitamento do metano para geração de energia elétrica. no próprio aterro.
- Toledo - Licença de operação em vigor; pedido de prévia para ampliação;

A viabilidade econômica é um entrave para implantação dessa tecnologia. Em aterros menores fica difícil de ser implantado e o ideal é já prever isso na instalação, pois nem sempre é possível adaptar em aterros existentes.

9) O Paraná é um estado com forte vocação agropecuária. No ano de 2018 o Paraná emitiu um total de 66.255.324 CO₂e(t). O setor de agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes e dejetos de animais) é o principal emissor de GEE com 47,0%. Não seria uma oportunidade?

Sim. Mas, introduzindo biodigestores de última geração capazes de trabalhar com um mix de tipos de biomassa, de esterco a resíduos de abatedouros. O Novo Arranjo de Pesquisa e Inovação Energias Renováveis – Biogás poderá ser uma alternativa, que está se configurando em formação de rede inclusive com a participação de Universidades Estaduais.

<https://www.udop.com.br/noticia/2020/04/27/parana-ganha-duas-novas-usinas-de-biogas-com-tecnologia-inovadora-de-captacao-de-dioxido-de-carbono.html>

10) No setor de Resíduos Sólidos Urbanos observa-se um potencial de inserção anual de 398,31 GWh no Paraná, provenientes de “resíduos novos”. Em sua opinião, por que outros estados estão mais avançados que o Paraná?

O Governo do Paraná tem constantemente destacado e reafirmado o compromisso com os ODS, como exemplo, e o que de fato está sendo desenvolvido na busca de aplicar os objetivos do desenvolvimento sustentável?

Nosso Estado precisa realmente assumir uma pauta ambiental e social, que atenda o interesse da coletividade, e não de apenas grupos econômicos relacionados ao tema energético.

11) No Paraná alguns municípios têm estruturas de política e gestão de resíduos bastante alinhados com a PNRS, mas falta o envolvimento de outros setores da sociedade para transformar um problema coletivo em uma alternativa. Como está a experiência com a CS bioenergia – Sanepar?

A CS Bioenergia, geradora de energia da Cattalini Bioenergia (60%) e da Sanepar (40%), recebeu a licença de operação do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) para geração de energia a partir de resíduos orgânicos descartados por grandes geradores, como shoppings, restaurantes, supermercados, entre outros. "O documento era o que faltava para a usina poder aproveitar o recurso energético de resíduos sólidos urbanos e gerar energia elétrica e térmica a partir da combinação do lodo de esgoto com adição de material orgânico", comentou a companhia em nota, destacando que esta é a primeira usina no Brasil com esta configuração.

Ao todo, 300 toneladas de resíduos orgânicos que eram descartadas diariamente em lixões e aterros sanitários agora passam a ser destinadas à geração de energia, colaborando na produção de 2,8 megawatts (MW). O lixo será triturado e separado das embalagens, e a fração orgânica limpa será bombeada para os tanques de biodigestão e misturada com 1.000 metros cúbicos de lodo de esgoto. "O lodo de esgoto com adição dos resíduos orgânicos é a perfeita combinação para geração do biogás de altíssima qualidade", disse o diretor da Cattalini Bio Energia, Sérgio Vidoto.

<https://www.jornaldocomercio.com/ conteudo/2018/02/economia/610725-cs-bioenergia-recebe-licenca-para-gerar-energia-com-residuos-organicos.html>

12) E essa nova usina de biogás que será construída em Ponta Grossa?

"O projeto foi autorizado por uma lei municipal aprovada em 2017. De acordo com a prefeitura, a usina trabalhará com a capacidade inicial de processamento de 12 toneladas de resíduos orgânicos por dia, podendo chegar até 30 toneladas. Segundo a prefeitura,

resíduos orgânicos coletados serão destinados para tratamento e passarão por um processo de decomposição da matéria, gerando o gás, que por sua vez, produz energia elétrica.”

<https://g1.globo.com/pr/campos-gerais-sul/noticia/2020/01/20/ponta-grossa-tera-usina-que-transforma-residuos-organicos-em-energia-eletrica.ghtml>

Desde que seja utilizada tecnologia de qualidade exigida e de maneira que não cause problemas à saúde pública e ainda mais ao ambiente, do que o próprio aterro, poderá ser uma boa iniciativa.

13) Existem Programas de incentivos e de fomento para aproveitamento do biogás de RSU para municípios e para a iniciativa privada?

Tramita no Senado (PLS 302/2018 -senador Hélio José , proposta para incluir na elaboração e execução de projetos de aterros sanitários que contemplem a geração de energia elétrica entre as iniciativas que podem ser atendidas por linhas de financiamento do poder público.

Ou seja, ele propõe duas alterações na atual Política Nacional de Resíduos Sólidos:

1) tornar esse tipo de atividade passível de medidas indutoras e linhas de financiamento por parte do poder público

2)torna essas atividades como elegível para receber incentivos fiscais, financeiros ou creditícios por parte da União, Estados e Municípios.

Justificação - (no corpo da Lei) :

“ No intuito de aumentar a exequibilidade desse tipo de atividade, este projeto propõe duas importantes alterações na legislação vigor. Para facilitar a obtenção de financiamento por parte desses empreendimentos, alteramos a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tornar esse tipo de atividade passível de medidas indutoras e linhas de financiamento por parte do poder público. Também incluímos essa atividade como elegível para receber incentivos fiscais, financeiros ou creditícios por parte da União, Estados e Municípios. Além disso, para reduzir um pouco o custo dessa energia para o consumidor final, alteramos a Lei nº 10.865, de 30 de abril de 2004, para que a energia elétrica gerada a partir de aterros sanitários seja incluída dentre aqueles produtos e serviços contemplados com alíquota zero da contribuição para o PIS/PASEP e COFINS.”

<https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=7747161&ts=1594017341576&disposition=inline>

14) Com relação a Créditos de carbono e projetos MDL. O Paraná incentiva esses projetos para mitigação das Mudanças Climáticas?

Através do Decreto Nº 9085 DE 04/10/2013 - que Regulamenta a Lei nº 17.133, de 25 de abril de 2012, que institui a Política Estadual de Mudança do Clima prevê em seu

Capítulo VI - DOS MECANISMOS FINANCEIROS DE APOIO À COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES

Art. 16. O Poder Público Estadual estimulará mecanismos financeiros para a definição de um mercado onde empresas e setores responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa possam compensar suas emissões, ou parte delas, investindo em projetos voltados à conservação de ambientes naturais, aumento do estoque de carbono pelo plantio de novas florestas e redução de emissões de gases de efeito estufa.

§ 1º A transferência de recursos entre empresas e setores responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa e os detentores de projetos voltados à conservação de ambientes naturais, aumento do estoque de carbono pelo plantio de novas florestas e redução de emissões de gases de efeito estufa será feita por meio do mecanismo de Pagamento por Serviços Ambientais - PSA, segundo leis estaduais específicas sobre o tema;

§ 2º As empresas que promoverem a compensação de suas emissões terão acesso aos mesmos benefícios e prerrogativas das empresas participantes do registro público de emissões, previstos no Artigo 10º deste decreto.

Além disso, O Selo Clima Paraná também é um instrumento do Registro Público Estadual de Emissões de Gases de Efeito Estufa, está previsto na Política Estadual de Mudanças Climáticas, estabelecida pela Lei Estadual 17133/2012 e disciplinada pela Resolução Selo Clima 047/2019 publicado no Diário Oficial do Estado do Paraná, Edição 10467 - .

Recentemente, a SEDEST A Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo, por meio da Resolução nº47/2019, aperfeiçoou as normas do Selo Clima Paran, com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa para combater as mudanças climáticas drásticas que possam causar desastres naturais.

A reedição do Selo Clima Paraná de 2019 têm o objetivo de:

- 1) possibilitar que a redução das emissões seja relativa à quantidade física da produção, também conhecida como Intensidade Carbônica. Esta situação se aplica quando o aumento das emissões é proporcionalmente menor que o aumento da produção. Ou seja, quando a empresa emite menos por unidade de produto.
- 2) que o limite mínimo de redução das emissões passe a ser 0,5% ao ano.
- 3) que os inventários de emissões devem buscar o mais alto nível de agregação organizacional.

<https://www.bemparana.com.br/noticia/estado-atualiza-as-normas-do-selo-clima-parana#.Xw9aoChKjIU>

15) Existe um plano de integração de experiências entre os municípios, como treinamento gestores municipais para essa área específica?

Sim, o R-20. O Grupo R-20 é um órgão consultivo, coordenado pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo, formado por representantes dos 399 municípios paranaenses para a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Leis Estaduais de Resíduos Sólidos, bem como o Plano Estadual de Resíduos Sólidos, buscando principalmente a descentralização de informações,

O grupo foi criado com o objetivo de trocar informações, auxiliando na busca de soluções para coleta seletiva, reciclagem de materiais, logística reversa e outras alternativas.

<http://www.sedest.pr.gov.br/Pagina/Grupo-R-20-0>

16) Nos casos em que essa experiência está sendo feita, existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?

Não foram encontradas informações a respeito.

17) Comentários livres:

É imprescindível que os municípios elaborem o plano municipal de resíduos sólidos e deve estar integrado ao plano municipal de saneamento e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - Lei nº 12.305/2010. Entre outros aspectos, a PNRS obriga os municípios a elaborarem um Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos(PMGIRS).

https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-993X2015000400889&script=sci_arttext&tlng=pt

Ainda, como parte do processo de implementação da Política Estadual de Resíduos Sólidos, a efetivação da Política Estadual de Educação Ambiental são indissociável em todo o processo, com ênfase especialmente na questão dos resíduos sólidos. Com destaque especial em programas e ações sobre consumo consciente, separação de materiais recicláveis (que todos sejam encaminhados para reciclagem), com compostagem dos resíduos orgânicos e utilizados como adubo e que a logística reversa também seja prioridade. Deve ser relevante a importância dos catadores, sua inclusão, considerando o ciclo de vida dos materiais, em toda a cadeia de separação resíduos, de forma digna, de

forma que possa possibilitar organização do segmento, com geração de trabalho emprego e renda .

O Biogás por certo quando realizado com tecnologia de boa qualidade é uma boa opção para geração de energia, mitigando os efeitos do metano sobre o aquecimento global , reduzindo os efeitos sobre a poluição hídrica e solos.

O ideal mesmo, é que num breve tempo tenhamos uma destinação e tratamento de resíduos com padrões de muitas cidades européias, da não existência de aterros. Que haja prioridade dos governos para o financiamento de pesquisa e desenvolvimento de modelos de energia realmente sustentáveis, limpas e não impactantes.

É preciso:

- Reduzir ao mínimo a produção de resíduos;
- Aumentar ao máximo a reutilização e reciclagem ambientalmente corretas dos resíduos;
- Promover o depósito e tratamento ambientalmente correto dos resíduos;
- Ampliar o alcance dos serviços que se ocupam de resíduos.



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMade – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Nº 11

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA

Entrevistado: **Msc. Cícero Bley Jr.**

Data da Entrevista: **18/07/2020**

Atividade Profissional: Apoitador Técnico – Conselho Temático de Energias da FIEP –
Federação das Indústrias do Paraná
CEO da Bley Energias – Estratégias e Soluções
Presidente Emérito da Associação Brasileira de Biogás e
Biometano
Ex Superintendente de Energias Renováveis da Itaipu
Binacional
Mestre em Engenharia Civil

Formato: Resposta escrita.

1) A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos colocou o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal. Como o(a) Sr.(a) observa esse instrumento de Política Pública?

Porque o modelo: “coloca o lixo na rua-coleta-transporte-destina” não se sustenta. Nos países que se adiantaram em relação ao lixo (Europa) a coleta seletiva é obrigatória, o que faz diferença.

2) Entretanto, é preciso destacar que é complexa a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, dessa forma, muitos municípios brasileiros não estão cumprindo o proposto na PNRS, nem os prazos estipulados para encerramento dos lixões. Quais os motivos, em sua opinião?

O Brasil é leniente com as infrações que ocorrem com lixo. Os serviços públicos não funcionam em operações exigentes como o lixo que todos está nas ruas para ser objeto de operações repetitivas. Falta cultura social para lidar com descartes.

3) Especificamente os números do Paraná revelam um total anual de 3,47 milhões de toneladas, coletados em 2017. (100% dos municípios realizam coleta na área urbana e 72% dos municípios realizam coleta na área rural). Porém, observa-se que 40% dos municípios ainda tem disposição inadequada dos seus RSU (Fonte: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2017). Em sua opinião, por que isso ainda ocorre?

Já respondido falta código de postura (forma a cultura da sociedade. Falta coleta seletiva, falta política publica. O lixo é fonte de corrupção, financia candidatos.

4) Especificamente na Região Metropolitana de Curitiba, um ambiente bastante urbano, qual a situação dos aterros do Caximba e da Fazenda Rio Grande?

Caximba desativado com pouco mais de 10 anos de operação. Fz Rio Grande Vai pelo mesmo caminho. Aterros do século passado. Fazenda Rio Grande, o mais “novo” não gera energia, nem biometano combustível.

5) A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece o compromisso voluntário brasileiro de redução do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Em sua opinião, o Brasil atingirá essa meta?

O biogás produzido pelos aterros e parcialmente queimados nos flares instalados contem o dióxido de carbono e o biometano, este 23 vezes mais agressivo do que o CO₂ para produção do efeito estufa. O aterro atual de Curitiba em Fz Rio Grande não faz uso do biogás. E tem tudo para fazê-lo.

6) E como o Paraná está contribuindo para essa meta?

Não contribui com nada. Todas as cidades estão no mesmo estágio. Ponta Grossa tenta adotar um aterro energético mas avança muito pouco.

7) O Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa a incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil. Estabelece que entre as maiores oportunidades de mitigação está a recuperação de metano em aterros sanitários para fins de aproveitamento energético. Como o Paraná está nesta questão?

Já abordado anteriormente.

8) Desses, 5 aterros possuem aproveitamento de gases, a verificar de que tipo, qual tecnologia e quais os benefícios. Estão nas cidades de: Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo (Fonte: SNIS). O(A) Sr.(a) confirma esses dados? E por que somente esses municípios estão utilizando esta tecnologia?

Tenho informação só de Cascavel. Está recuperando metano para geração elétrica, mas só de uma parte do aterro.

Toledo não faz nada. O gerador está instalado na area de reciclagem mas o sistema de captação de gases está destruído. Vizitei em 2019.

9) O Paraná é um estado com forte vocação agropecuária. No ano de 2018 o Paraná emitiu um total de 66.255.324 CO₂e(t). O setor de agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes e dejetos de animais) é o principal emissor de GEE com 47,0%. Não seria uma oportunidade?

Sem duvida. Mas o biogás não progride. Porque a área técnica, política, e os próprios agropecuaristas e suas agroindústrias, pensam em utilizar o biogás quase sem tratamento para produzir energia elétrica. Só que o biogás é um gas composto. Contem biometano que pode gerar eletricidade, mas também contém CO₂ (35%) e este componente é jogado fora. Ou seja, a sociedade tem nas mãos uma composição de gases e se utiliza de um só para uma só finalidade. Joga fora ativos economicos que deveriam ser utilizados para ao retorno dos investimentos.

Outro aspecto é a insegurança jurídica promovida pela Copel e pela Compagás com desprezo em relação à propriedade do biogás por quem a produz.

10) No setor de Resíduos Sólidos Urbanos observa-se um potencial de inserção anual de 398,31 GWh no Paraná, provenientes de “resíduos novos”. Em sua opinião, por que outros estados estão mais avançados que o Paraná?

Veja que voce mesmo está medindo o potencial economico do Biogás em MWhora. Quando o biogás, como gás tem que ser medido em MM BTUs, ou no minimo em m³. Esta é a distorção. O biogas serve como combustível e quando substitui o diesel o retorno é 4 vezes maior do que na energia elétrica. Além disso o diesel é o mais poluente dos combustíveis. A energia elétrica é geração hidráulica. Admitindo que a questão é reduzir poluição por que cair nesta armadilha de vocacionar biogás para geração elétrica e não combustível?

11) No Paraná alguns municípios têm estruturas de política e gestão de resíduos bastante alinhados com a PNRS, mas falta o envolvimento de outros setores da

sociedade para transformar um problema coletivo em uma alternativa. Como está a experiência com a CS bioenergia – Sanepar?

Não respondida.

12) E essa nova usina de biogás que será construída em Ponta Grossa?

Será, que será?

13) Existem Programas de incentivos e de fomento para aproveitamento do biogás de RSU para municípios e para a iniciativa privada?

Não.

14) Com relação a Créditos de carbono e projetos MDL. O Paraná incentiva esses projetos para mitigação das Mudanças Climáticas?

Não. Todos aguardam o Programa Renovabio que ainda não saiu do papel.

15) Existe um plano de integração de experiências entre os municípios, como treinamento gestores municipais para essa área específica?

Não que eu saiba. E não no grau de profundidade que deveria ser.

16) Nos casos em que essa experiência está sendo feita, existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?

???

17) Comentários livres:



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMade – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Nº 12

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA

Entrevistado: **Eng. Marilia Tissot**

Data da Entrevista: **21/07/2020**

Atividade Profissional: Diretora Executiva na Revalore Eng. Ambiental e
Coprocessoamento - Consultoria
Engenheira Química

Formato: Resposta escrita.

1) A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos colocou o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal. Como o(a) Sr.(a) observa esse instrumento de Política Pública?

Considero um marco legal importante para nosso País. Em termos de Política Pública estimula soluções enquadradas como recuperação e reciclagem, como coprocessamento.

2) Entretanto, é preciso destacar que é complexa a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, dessa forma, muitos municípios brasileiros não estão cumprindo o proposto na PNRS, nem os prazos estipulados para encerramento dos lixões. Quais os motivos, em sua opinião?

Infelizmente a gestão dos resíduos sólidos urbanos ainda está muito sujeita a pressões políticas. O não atendimento à PNRS poderia ter consequências reais, como restrição a créditos, por exemplo.

3) Especificamente os números do Paraná revelam um total anual de 3,47 milhões de toneladas, coletados em 2017. (100% dos municípios realizam coleta na área urbana e 72% dos municípios realizam coleta na área rural). Porém, observa-se que 40% dos municípios ainda tem disposição inadequada dos seus RSU (Fonte: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2017). Em sua opinião, por que isso ainda ocorre?

O não atendimento à PNRS poderia ter consequências reais, como restrição a créditos, por exemplo.

4) Especificamente na Região Metropolitana de Curitiba, um ambiente bastante urbano, qual a situação dos aterros do Caximba e da Fazenda Rio Grande?

Não tenho acompanhado, mas no geral a gestão de resíduos em Curitiba é bem administrada.

5) A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece o compromisso voluntário brasileiro de redução do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Em sua opinião, o Brasil atingirá essa meta?

Não é o ponto forte da administração atual.

6) E como o Paraná está contribuindo para essa meta?

Não tenho acompanhado.

7) O Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa a incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil. Estabelece que entre as maiores oportunidades de mitigação está a recuperação de metano em aterros sanitários para fins de aproveitamento energético. Como o Paraná está nesta questão?

Não tenho acompanhado.

8) Desses, 5 aterros possuem aproveitamento de gases, a verificar de que tipo, qual tecnologia e quais os benefícios. Estão nas cidades de: Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo (Fonte: SNIS). O(A) Sr.(a) confirma esses dados? E por que somente esses municípios estão utilizando esta tecnologia?

Não tenho acompanhado.

9) O Paraná é um estado com forte vocação agropecuária. No ano de 2018 o Paraná emitiu um total de 66.255.324 CO₂e(t). O setor de agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes e dejetos de animais) é o principal emissor de GEE com 47,0%. Não seria uma oportunidade?

Com certeza.

10) No setor de Resíduos Sólidos Urbanos observa-se um potencial de inserção anual de 398,31 GWh no Paraná, provenientes de “resíduos novos”. Em sua opinião, por que outros estados estão mais avançados que o Paraná?

O que seriam resíduos novos? A recuperação energética de resíduos com certeza deve ser incentivada.

11) No Paraná alguns municípios têm estruturas de política e gestão de resíduos bastante alinhados com a PNRS, mas falta o envolvimento de outros setores da sociedade para transformar um problema coletivo em uma alternativa. Como está a experiência com a CS bioenergia – Sanepar?

Acredito que estão trabalhando para acertar. É uma excelente solução para o lodo e resíduos orgânicos.

12) E essa nova usina de biogás que será construída em Ponta Grossa?

Não tenho acompanhado. Associada a RSU?

13) Existem Programas de incentivos e de fomento para aproveitamento do biogás de RSU para municípios e para a iniciativa privada?

Minha experiência é mais em sólidos industriais, não sei responder.

14) Com relação a Créditos de carbono e projetos MDL. O Paraná incentiva esses projetos para mitigação das Mudanças Climáticas?

A informação que tenho é que sim.

15) Existe um plano de integração de experiências entre os municípios, como treinamento gestores municipais para essa área específica?

Não tenho acompanhado, mas seria de grande valor.

16) Nos casos em que essa experiência está sendo feita, existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?

Não tenho acompanhado, mas seria importante.

17) Comentários livres:



UFPR – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PPGMade – PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

Nº 13

Pesquisador: Ricardo Aurélio Colatusso

ENTREVISTA SEMI ESTRUTURADA

Entrevistado: **Msc Helder Rafael Nocko**

Data da Entrevista: **22/07/2020**

Atividade Profissional: Proprietário da Envex Engenharia e Consultoria
Ex-Presidente da Associação Paranaense dos Engenheiros Ambientais
Consultor do Plano Estadual de Resíduos Sólidos
Engenheiro Ambiental
Mestre em Métodos Numéricos para Engenharia / UFPR

Formato: Resposta escrita.

1) A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos colocou o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal. Como o(a) Sr.(a) observa esse instrumento de Política Pública?

Entendo ser uma legislação moderna, mas ainda estamos longe de aplicá-la. Conheço pouco as legislações de outros países para poder opinar.

2) Entretanto, é preciso destacar que é complexa a gestão dos resíduos sólidos urbanos e, dessa forma, muitos municípios brasileiros não estão cumprindo o proposto na PNRS, nem os prazos estipulados para encerramento dos lixões. Quais os motivos, em sua opinião?

Falta de capacitação dos prefeitos e técnicas de prefeituras, falta de planejamento e disponibilização de recursos pelos estados e federação, falta de “pressão” dos órgãos de controle (TCE e MPE) e órgão ambiental, grandes interesses comerciais na área de resíduos sólidos (ainda muitas vezes operados em grandes esquemas de corrupção).

3) Especificamente os números do Paraná revelam um total anual de 3,47 milhões de toneladas, coletados em 2017. (100% dos municípios realizam coleta na área urbana e 72% dos municípios realizam coleta na área rural). Porém, observa-se que 40% dos municípios ainda tem disposição inadequada dos seus RSU (Fonte: Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná – 2017). Em sua opinião, por que isso ainda ocorre?

Falta de capacitação dos prefeitos e técnicas de prefeituras, falta de planejamento e disponibilização de recursos pelos estados e federação, falta de “pressão” dos órgãos de controle (TCE e MPE) e órgão ambiental, grandes interesses comerciais na área de resíduos sólidos (ainda muitas vezes operados em grandes esquemas de corrupção).

4) Especificamente na Região Metropolitana de Curitiba, um ambiente bastante urbano, qual a situação dos aterros do Caximba e da Fazenda Rio Grande?

Desativado e em operação.

5) A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabelece o compromisso voluntário brasileiro de redução

do nível de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020. Ema sua opinião, o Brasil atingirá essa meta?

Não.

6) E como o Paraná está contribuindo para essa meta?

Não tenho detalhes sobre essa política no estado. Mas, não tenho visto ações muito efetivas. Nem no combate ao desmatamento, nem no controle de alto nível de emissões de emissões atmosféricas, nem de extinção de lixões. Talvez alguma coisa evoluindo em relação a biogás e outras formas de aproveitamento de subprodutos ou dejetos da agrosilvopastoris.

7) O Plano Nacional sobre Mudança do Clima visa a incentivar o desenvolvimento e aprimoramento de ações de mitigação no Brasil. Estabelece que entre as maiores oportunidades de mitigação está a recuperação de metano em aterros sanitários para fins de aproveitamento energético. Como o Paraná está nesta questão?

Sei de poucos aterros onde isso é feito. Não sei de políticas estaduais que incentivem essa ação. Quem faz é apenas pelo benefício econômico da geração da energia.

8) Desses, 5 aterros possuem aproveitamento de gases, a verificar de que tipo, qual tecnologia e quais os benefícios. Estão nas cidades de: Balsa Nova, Cascavel, Santa Maria do Oeste, São Pedro do Paraná e Toledo (Fonte: SNIS). O(A) Sr.(a) confirma esses dados? E por que somente esses municípios estão utilizando esta tecnologia?

Não sei se em Fazenda Rio Grande já não estão fazendo. Não tenho confirmações em relação a isso. Acho que os que não fazem é por incompetência técnica (ou até falta de técnicos) ou por falta de recursos (mal têm dinheiro pra operar o aterro).

9) O Paraná é um estado com forte vocação agropecuária. No ano de 2018 o Paraná emitiu um total de 66.255.324 CO₂e(t). O setor de agropecuária (principalmente a fermentação entérica, aplicação de fertilizantes e dejetos de animais) é o principal emissor de GEE com 47,0%. Não seria uma oportunidade?

Sem dúvida.

10) No setor de Resíduos Sólidos Urbanos observa-se um potencial de inserção anual de 398,31 GWh no Paraná, provenientes de “resíduos novos”. Em sua opinião, por que outros estados estão mais avançados que o Paraná?

Falta de planejamento e falta dar importância a políticas e técnicas mais modernas. Isso é muito fruto de muitos anos de órgãos ambientais (de planejamento e fiscalização) sendo enfraquecidos. E, outro motivo é a “máfia do lixo”. Ou seja, interessa que seja gerado muito resíduo e que eles sejam transportados para lixões ou aterros sanitários, num processo com pouca técnica, maximizando lucros.

11) No Paraná alguns municípios têm estruturas de política e gestão de resíduos bastante alinhados com a PNRS, mas falta o envolvimento de outros setores da sociedade para transformar um problema coletivo em uma alternativa. Como está a experiência com a CS bioenergia – Sanepar?

Atualmente não sei como está. Sei que tiveram dificuldades societárias, operacionais e também de falta de resíduos, mas não sei detalhes.

12) E essa nova usina de biogás que será construída em Ponta Grossa?

Qual? Do grupo Philus? Sei que são sérios, mas não tenho detalhes.

13) Existem Programas de incentivos e de fomento para aproveitamento do biogás de RSU para municípios e para a iniciativa privada?

Sei que o estado tem um grupo para avaliação e planejamento de políticas em relação a biogás, metano, gás natural, mas não sei os detalhes dos produtos que estão sendo gerados.

14) Com relação a Créditos de carbono e projetos MDL. O Paraná incentiva esses projetos para mitigação das Mudanças Climáticas?

Não tenho visto avanços em relação a isso no momento.

15) Existe um plano de integração de experiências entre os municípios, como treinamento gestores municipais para essa área específica?

Temos o grupo R20, que ainda que seja apoiado e até conduzido pelo governo estadual, não tem recursos financeiros empenhados, nem políticas bem definidas. O suporte aos municípios deveriam ser ações muito importantes da SEDEST, conforme previsto no PERS.

16) Nos casos em que essa experiência está sendo feita, existe algum investimento sendo aplicado para as comunidades do entorno?

Qual experiência? De treinamento dos gestores? Desconheço aplicação de investimentos em comunidades do entorno. O que vejo são alguns incentivos para cooperativas e associações de catadores.

17) Comentários livres: