

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUCIANE ROMANOVICZ DE JESUS RAMOS

**OPORTUNIDADES NÃO ENTERRADAS: INOVAÇÕES EM UM PROGRAMA DE
DESTINAÇÃO AGRÍCOLA DE LODO DE ESGOTO SOB AS LENTES DA
ECOINOVAÇÃO**

CURITIBA

2024

LUCIANE ROMANOVICZ DE JESUS RAMOS

**OPORTUNIDADES NÃO ENTERRADAS: INOVAÇÕES EM UM PROGRAMA DE
DESTINAÇÃO AGRÍCOLA DE LODO DE ESGOTO SOB AS LENTES DA
ECOINOVAÇÃO**

**UNBURIED OPPORTUNITIES: INNOVATIONS IN AN AGRICULTURAL SEWAGE
SLUDGE DISPOSAL PROGRAM UNDER THE LENS OF ECO-INNOVATION**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Administração, apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Administração, na linha Tecnologia e Desenvolvimento Organizacional, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Professor Dr. Thiago Cavalcante Nascimento.

Coorientador: Professor Dr. Gustavo Rafael Collere Possetti.

CURITIBA

2024



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



LUCIANE ROMANOVICZ DE JESUS RAMOS

OPORTUNIDADES NÃO ENTERRADAS: INOVAÇÕES EM UM PROGRAMA DE DESTINAÇÃO AGRÍCOLA DE LODO DE ESGOTO SOB AS LENTES DA ECOINOVAÇÃO

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Administração da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Organizações E Tecnologia.

Data de aprovação: 17 de Dezembro de 2024

Dr. Thiago Cavalcante Nascimento, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Andrea Torres Barros Batinga De Mendonca, Doutorado - Universidade Federal do Paraná (Ufpr)

Dr. Leonardo Tonon, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 14/02/2025.

Dedico esta dissertação ao meu marido Leandro e
minha mãe Catarina, pelo incentivo e apoio nessa
caminhada.

AGRADECIMENTOS

Gratidão a Deus e Meishu-Sama, por toda luz direcionada em meus caminhos ao longo dos dias, pela força e resiliência nos momentos difíceis desta jornada.

Agradeço ao meu marido Leandro por todo o companheirismo e compreensão, apoiando sempre minhas escolhas, me incentivando a superar os percalços encontrados, pois sem seu apoio e incentivo seria difícil.

O meu muito obrigada, ao meu pai Aramis *in memoriam* e minha mãe Catarina, por toda a educação e valores transmitidos.

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Thiago, pela paciência, dedicação, sabedoria compartilhada, pelo voto de confiança e por todo o conhecimento que me guiou nesta trajetória, tendo me proporcionado essa oportunidade única.

Meu agradecimento ao meu coorientador Professor Dr. Gustavo Rafael Collere Possetti, dotado de generosidade e humildade, ao dispensar o seu tempo, experiência e ensinamentos.

Meu apreço à Universidade à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, de forma especial ao Programa de Pós-Graduação em Administração, pela oportunidade de cursar o mestrado. Agradeço em especial ao Professor Dr. Leonardo Tonon, coordenador do Programa de Pós-Graduação em Administração, assim como aos demais professores do PPGA, que de maneira direta ou indireta contribuíram com meu crescimento e desenvolvimento acadêmico.

Muito obrigada, aos colaboradores e estagiários da Secretaria do PPGA, pela cooperação, em especial à Vânia Luiza Moreira de Lima, pela eficiência e gentileza.

Minha gratidão à Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR, na pessoa do Diretor-Presidente Wilson Bley Lipski, pela oportunidade de desenvolver este trabalho, assim como aos funcionários respondentes das entrevistas, que gentilmente colaboraram com meus questionamentos, dirimindo minhas dúvidas.

Meu reconhecimento, aos produtores rurais, usuários do lodo, que foram receptivos, prestativos e por concederem seu tempo para responder minhas interrogações e pelo interesse em minha pesquisa.

Minha consideração, ao Instituto Água e Terra- IAT e seus servidores, por se prontificarem em esclarecer as indagações alusivas ao meu estudo.

Meus sinceros agradecimentos à Professora Dra. Andréa Barros Batinga de Mendonça e ao Professor Dr. Leonardo Tonon, que gentilmente aceitaram compor a Banca de Defesa, dedicando tempo e conhecimento, para contribuir com a minha pesquisa.

Minha consideração, à querida Professora Dra. Marcia Cassitas Hino, por me ouvir e pela cooperação.

Agradeço aos colegas de sala, por compartilharem dos cafés, risos, dores e prazeres, proporcionados pela vida acadêmica.

Por fim, agradeço a todos que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

“O homem é parte da natureza e a sua guerra contra a natureza é, inevitavelmente, uma guerra contra si mesmo.”

(Carson, 1962).

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo compreender como se desenvolvem os processos ecoinovativos em um programa de destinação agrícola de lodo de esgoto no setor de saneamento do estado do Paraná. O interesse pela pesquisa emergiu da relevância quanto a necessidade da desenvoltura de um saneamento básico eficaz, em prol da sociedade e do meio ambiente, haja vista, que sua ausência impacta negativamente de distintas formas, como a contaminação da água e disseminação de doenças, sendo a água elemento basilar à vida. Salienta-se que o Brasil, vislumbra a universalização do saneamento nos próximos anos, com o advento do Novo Marco Legal do Saneamento, estipulado na Lei 14.026/ 2020. Dessa forma, surgem instigações, considerando que quanto mais eficiente e abrangente for a coleta e tratamento de esgoto sanitário mais lodo de esgoto gera-se desse processo, assim como a ampliação da demanda concernente à destinação sustentável de um material, que pode ser utilizado na agricultura, como adubo orgânico. Nesse sentido, faz-se necessária, a gestão eficiente do lodo de esgoto, que se constitui em um imperioso desafio e oportunidade, para as companhias de saneamento brasileiras. Desse modo, o argumento teórico, que sustenta este estudo, considera que os processos ecoinovativos no setor de saneamento, como o uso agrícola do lodo, trazem reflexos positivos para as companhias de saneamento e para a sociedade como um todo, em face de sua importância econômica, social e ambiental. Para tanto, se utilizou da abordagem qualitativa, com caráter descritivo, sendo um estudo de caso único, no Estado do Paraná, Brasil. Como instrumento de coleta de dados, utilizou-se análise documental, observação não participante e a aplicação de entrevistas semiestruturadas, com os principais atores envolvidos no programa estudado. As entrevistas foram gravadas, transcritas e tratadas, utilizando-se como técnica a análise de conteúdo. Este trabalho evidenciou as atribuições e conexões dos principais atores envolvidos no programa. Assim como, as motivações que levaram à implementação do programa. Identificou-se os avanços e oportunidades relacionados às tipologias ecoinovativas desenvolvidas no programa. Identificou-se os reflexos ecoinovativos do programa, de acordo com as dimensões sociais, ambientais e econômicas da sustentabilidade, segundo os principais atores inseridos no programa estudado. Pois, ao utilizar o lodo na agricultura, que consiste em um material nobre, distribuído gratuitamente aos produtores rurais, usuários do programa, proporciona-se economia na aquisição de outros insumos, além de melhorar o aspecto do solo, maximizando a safra. Corroborando, tanto sob os aspectos socioeconômicos como ambientais, evitando a destinação do lodo para aterros sanitários por parte da companhia de saneamento responsável pelo programa, alinhando-se com as regulamentações e com o Órgão Ambiental.

Palavras-chave: sustentabilidade; inovação; ecoinovação; uso agrícola de lodo.

ABSTRACT

This research aims to understand how eco-innovative processes are developed in an agricultural sewage sludge disposal program in the sanitation sector of the state of Paraná. The interest in the research arose from the relevance of the need to develop effective basic sanitation, for the benefit of society and the environment, considering that its absence brings negative impacts in several ways, such as water contamination and the spread of diseases, although water is a basic element for life. It is worth mentioning that Brazil envisions the universalization of sanitation in the coming years, with the advent of the New Legal Framework for Sanitation, stipulated in Law 14.026/2020. Thus, instigations arise, considering that the more efficient and comprehensive the collection and treatment of sanitary sewage, the more sewage sludge is generated from this process, as well as the increase in the demand for the sustainable disposal of a material that can be used in agriculture, as an organic fertilizer. In this sense, efficient management of sewage sludge is necessary, which constitutes an imperative challenge and opportunity for Brazilian sanitation companies. Thus, the theoretical argument that supports this study considers that eco-innovative processes in the sanitation sector, such as the agricultural use of sludge, bring positive impacts to sanitation companies and to society, given their economic, social and environmental importance. To this end, a qualitative, descriptive approach was used, being a single case study, in the State of Paraná, Brazil. As data collection instruments, documentary analysis, non-participant observation and the application of semi-structured interviews with the main actors involved in the program studied were used. The interviews were recorded, transcribed and treated, using content analysis as a technique. This work highlighted the attributions and connections of the main actors involved in the program, as well as the motivations that led to the implementation of the program. The advances and opportunities related to the eco-innovative typologies developed in the program were identified. The eco-innovative impacts of the program were identified, according to the social, environmental and economic dimensions of sustainability, according to the main actors involved in the program studied. By using sludge in agriculture, which consists of a noble material, distributed free of charge to rural producers, users of the program, it provides savings in the acquisition of other inputs, in addition to improving the appearance of the soil, maximizing the harvest. Corroborating both socioeconomic and environmental aspects, avoiding the disposal of sludge in landfills by the sanitation company responsible for the program, aligning with regulations and the Environmental Agency.

Keywords: sustainability; innovation; eco-innovation; agricultural use of sludge.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável	27
Fotografia1 - Bolsas geotêxteis	85
Fotografia 2 - Higienização do lodo.....	86
Fotografia 3 - Laboratório Central de Curitiba.....	89
Fotografia 4 - Lotes de lodo no CTR.....	94
Fotografia 5 - Comparativo de plantação com e sem uso do lodo	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conceitos sobre sustentabilidade	30
Quadro 2 - Conceito sobreecoinovação.....	34
Quadro 3 - Tipologias ecoinovativas	38
Quadro 4 - Síntese das etapas de gerenciamento de lodo no âmbito da UGL ..	52
Quadro 5 - Síntese das etapas de gerenciamento do lodo no âmbito rural.....	55
Quadro 6 - Instrumentos de coleta de dados.....	62
Quadro 7 - Relação de observações realizadas	65
Quadro 8 - Relação dos principais atores do programa.....	66
Quadro 9 - Relação dos respondentes da pesquisa	67
Quadro 10 - Síntese da classificação metodológica da pesquisa.....	68
Quadro 11 - Categorias de análise.....	70
Quadro 12 - Tipologias ecoinovativas do programa	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	Agência Brasileira de Cooperação
AGEPAR	Companhia de Água e Esgotos do Paraná
ANDA	Associação Nacional para Difusão de Adubos
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
CE	Comissão Europeia
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DAE	Departamento de Água e Esgotos
EMATER	Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural
EAP	Estabilização Alcalina Prolongada
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
GEE	Gases de efeito estufa
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IAT	Instituto Água e Terra
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDR	Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná
IN	Instrução Normativa
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OECD	<i>Organization for Economic Co-operation and Development</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
RMC	Região Metropolitana de Curitiba
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TBL	<i>Triple Bottom Line</i>
UE	União Europeia
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UGL	Unidade de Gerenciamento de Lodo
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>
WRF	<i>Water Research Foundation</i>
WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Problemática	15
1.2 Objetivos de pesquisa.....	18
1.2.1 Objetivo geral.....	19
1.2.2 Objetivos específicos	19
1.3 Justificativas.....	19
1.4 Estrutura da dissertação.....	23
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	25
2.1 Sustentabilidade	25
2.1.1 Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável.....	25
2.2 Ecoinovação e a conexão com a sustentabilidade	32
2.3 Ecoinovação e seus conceitos.....	33
2.4 Ecoinovação e suas tipologias.....	37
2.5 Ecoinovação no Programa de Destinação Agrícola de Lodo de Esgoto	40
2.5.1 Breves considerações sobre saneamento básico.....	40
2.5.2 Breve histórico do saneamento no Brasil.....	41
2.5.3 Histórico da Sanepar e do Programa de Destinação Agrícola do Lodo	43
2.5.4 Breves considerações legais sobre o saneamento brasileiro	45
2.5.5 Breves considerações legais sobre o uso agrícola do lodo no Paraná	46
2.6 Tratamento de esgoto e geração de lodo	47
2.7 Gerenciamento de lodo e uso agrícola.....	50
2.8 Gerenciamento de lodo e utilização agrícola no Estado do Paraná.....	51
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	57
3.1 Pergunta norteadora de pesquisa.....	57
3.2 Delineamento da pesquisa.....	57
3.3 O Caso do Programa de Destinação Agrícola de Lodo de Esgoto.....	58
3.4 Instrumentos de coleta de dados.....	61
3.4.1 Pesquisa documental.....	62
3.4.2 Observação não participante	63
3.4.3 Entrevistas.....	65
3.5 Síntese Metodológica	68

3.6 Tratamento e análise de dados	69
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	71
4.1 Caracterização dos principais atores do programa.....	71
4.2 Fatores motivadores para criação do programa.....	76
4.3 Avanços ecoinovativos e desafios do programa.....	80
4.3.1 Dimensões ecoinovativas do Programa de Destinação Agrícola	82
4.3.2 Dificuldades encontradas no programa	90
4.4 Reflexos do Programa.....	96
4.4.1 Dimensões sociais do programa.....	96
4.4.2 Dimensões Ambientais do programa	98
4.4.3 Dimensões econômicas do programa.....	101
CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
REFERÊNCIAS	114
APÊNDICE A Roteiro de Entrevistas Companhia de Saneamento.....	129
APÊNDICE B Roteiro de Entrevistas produtores rurais	131
APÊNDICE C Roteiro de Entrevistas IAT	133
APÊNDICE D Roteiro de observação não participante UGL Padilha Sul	135
APÊNDICE E Roteiro de observação não participante Laboratório Central	136
APÊNDICE F Termo de Confidencialidade.....	137
APÊNDICE G Convite Entrevistados Sanepar	138
APÊNDICE H Convite Entrevistados IAT.....	139
APÊNDICE I Relação de Dados secundários da análise documental	140
APÊNDICE J Fotos.....	141
APÊNDICE L Fotos	142
ANEXO A Cadastro do Produtor Rural	143
ANEXO B Projeto agrônômico.....	144

1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação se desenvolveu com base na abordagem ecoinovativa considerando as perspectivas econômica, ambiental e social.

Deste modo, direcionou seu objetivo para compreender como se desenvolvem os processos ecoinovativos em um programa de destinação agrícola de lodo de esgoto no setor de saneamento do estado do Paraná, de acordo com a classificação proposta pelos autores Carrillo-Hermosilla, Del Río e Konnola (2010).

Sob esse contexto, pesquisa-se as ecoinovações desenvolvidas em um programa consolidado, com produção em escala operacional, em uma empresa de saneamento, no estado do Paraná. Busca-se identificar as atribuições e conexões dos principais atores envolvidos, os fatores motivadores para a implementação do programa, assim como os avanços das ecoinovativos alcançados, os desafios encontrados e os impactos do programa sob as perspectivas ambientais, sociais e econômicas.

Para tanto, realizou-se um estudo de caso único, em que o referencial teórico subsidia esta pesquisa, assim como os instrumentos de coleta de dados, como as entrevistas, a análise documental e as observações.

Nessa esteira, o cerne desta pesquisa, se evidencia no decorrer das próximas seções, em que se discute questões alusivas as inovações programa em estudo.

Assim, espera-se desestimular o uso de aterros sanitários, além de corroborar com a implementação de alternativas atinentes à destinação final de lodos de Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), para que outras companhias de saneamento de diferentes regiões do Brasil, possam aproveitar a experiência do programa estudado e realizar as tipologias ecoinovativas desenvolvidas no programa pesquisado.

A partir da contextualização da temática objeto desta pesquisa, delinea-se no tópico que segue a problemática deste estudo.

1.1 Problemática de pesquisa

Em face da expansão do saneamento básico e melhoria nos processos de tratamento de esgoto brasileiro, maximiza-se a geração de lodo de esgoto, que consiste em um imperioso desafio para as empresas de saneamento a destinação adequada ambientalmente quanto a esse resíduo (Bittencourt; Aisse; Serra, 2017).

O aproveitamento de lodo de esgoto, despertou interesse, tendo em vista é comum em nosso país sua destinação em aterros sanitários. Desta forma, observa-se que essa disposição do lodo, pode gerar diversos impactos negativos, como custos com logística, passivo ambiental quando não se considera os benefícios atinentes ao seu aproveitamento, como a utilização agrícola por exemplo. Nesse sentido, estudos de Rosa, Chernicharo e Melo (2015) consideram que o fato de destinar o lodo para aterros, além de gerar robustos custos com transporte, desperdiça o potencial desse material.

Nesse sentido, cumpre salientar que ao utilizar subprodutos advindos do tratamento de esgoto como o lodo, desenvolve-se um importante papel, na tentativa de resolução de problemas de saneamento, com a inserção de processos, que evitam a disposição inadequada desse resíduo. Uma vez que diante disso, se busca o aproveitamento de forma sustentável, em que se promovem benefícios tanto de ordem ambiental, como econômica e social. Destaca-se ainda, que esse material, consiste em um recurso e não um mero produto de descarte, difundindo-se a ideia de aproveitamento (Machado; Figueiredo; Coraucci Filho, 2014)

Se faz oportuno observar, que tanto processos, como técnicas, práticas e sistemas, ou até mesmo produtos novos ou modificados são fatores importantes para evitar ou minimizar danos ao meio ambiente, para que desse modo se realize a respectiva promoção da sustentabilidade nos negócios (Azevedo; Brandeburg; Carvalho; Cruz-Machado, 2014).

Ressalta-se, que a sustentabilidade se faz cada vez mais iminente sob o contexto social, em que pese no segmento de esgotamento sanitário, ela ultrapasse a condição de mera exigência, tendo em vista que ela se constitui em uma oportunidade de contribuir com benefícios de cunho ambiental, econômico e social. Dessa maneira, considera-se o lodo de esgoto como um recurso de valor agregado, mediante ações de aproveitamento (Moreira; Lobato; Del Rei, 2022).

Cumpre ainda destacar, que a inserção da temática água e saneamento integram os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Sendo que nesta perspectiva, o ODS seis, aborda água e saneamento, que contempla fatores indutores de ações e políticas de acesso à água e esgotamento sanitário, abrangendo questões que versam sobre a orientação da promoção da saúde e qualidade de vida (Santos; Kuwajima, 2019).

Neste cenário, este estudo, traz questões concernentes aos lodos provenientes do setor de saneamento. Dessa forma, cumpre mencionar, o Relatório Temático de Serviços de Água e Esgoto do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento-SNIS (2022), que considera a coleta e tratamento de esgotos, como primordiais ao saneamento básico. Sendo assim, consideradas ações promotoras quer de saúde pública, como mantenedoras de recursos naturais, como corpos hídricos, em que se capta água destinada ao abastecimento populacional.

Além do mais, singularmente, grande parte das águas domiciliares se transformam em esgoto, podendo mencionar por exemplo, meras tarefas cotidianas, tais como lavagem de roupas, louças, limpeza e higiene pessoal. Desta maneira, requer-se a remoção de tais impurezas ora incorporadas antes do retorno a ambientes naturais (SNIS, 2022).

Interessante se faz destacar, segundo o SNIS (2022) que em torno de 80% da água captada nos ambientes naturais, é tratada e posteriormente distribuída por meio de redes públicas para consumo humano, se transformando, portanto, em esgoto após o uso doméstico. Salienta-se ainda, que tais atividades, incorporam resíduos materiais, orgânicos e nutrientes. Sendo que, em média, esses efluentes domésticos formam-se por 99,9% de água e 0,1% de sólidos (SNIS, 2022).

Contudo, a preocupação quanto ao volume e destinação da quantidade de esgoto de maneira sustentável, consiste em um imperioso desafio para a comunidade científica, haja vista que a disposição de esgoto sem tratamento, atinge drasticamente tanto os lençóis freáticos, como as águas superficiais (Elango *et al.*, 2007).

Neste caminho, cumpre observar, que as estações de tratamento de água e esgoto, precisam dar uma destinação ao lodo gerado, pois esse material, possui características tóxicas e deve ter sua destinação em consonância com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/ 2010, que prioriza a possibilidade de redução, reuso e reciclagem segundo (Cunha, et al, 2019; Brasil, 2010).

Para tanto, a inovação e as questões ambientais, tornam-se cada vez mais importantes, influenciando as organizações na busca da redução das externalidades negativas, melhorias do desempenho ambiental, assim como, quanto ao atendimento das necessidades dos consumidores. Desta forma, reflete-se na busca para que se galguem soluções inovadoras (Maçaneiro *et al.*, 2018).

Diante da problemática, que envolve a disposição final do lodo, por constituir-se em um dos principais resíduos advindos do tratamento de esgotos e haja vista que o saneamento abarca questões fundamentais, como saúde pública e meio ambiente. Essa pesquisa, pode estimular a utilização agrícola do lodo, pois com a expansão do saneamento, impulsionada pela meta de universalização, se ampliará a coleta e tratamento, gerando-se mais lodos.

Assim, se perfaz a busca por alternativas ecoinovativas, como o uso do lodo na agricultura, face ao seu potencial agrônômico, podendo refletir nas dimensões econômicas, sociais e ambientais, tanto para o produtor rural como usuário do programa, para a companhia de saneamento e para a sociedade como um todo.

Dessa maneira, almeja-se que os resultados desse trabalho, possam se difundidas e utilizados como instrumentos de apoio, incentivo quanto ao desenvolvimento de iniciativas fomentadoras de processos ecoinovativos por diversas empresas de saneamento. Uma vez que, tais processos, podem evitar a destinação do lodo para aterros sanitários, minimizando o passivo ambiental com a utilização nas atividades agrícolas, gerando economia na aquisição de defensivos agrícolas convencionais, para os beneficiários do programa, obtendo-se assim, progressos sob o contexto econômico, ambiental, social, tanto para a empresa, como para os agricultores que usufruem do respectivo programa além de corroborar com a preservação ambiental.

Por conseguinte, pode-se ressaltar a importância das ecoinovações presentes no caso peculiar do programa de destinação agrícola de lodo de esgoto, do setor de saneamento paranaense, que se destaca como uma solução sustentável. Para tanto pretende-se responder a seguinte pergunta norteadora da pesquisa: Como se desenvolvem os processos ecoinovativos em um programa de destinação agrícola de lodo de esgoto no setor de saneamento do estado do Paraná?

A partir do questionamento apresentado, no próximo tópico os objetivos deste estudo.

1.2 Objetivos de pesquisa

Pelo objetivo geral apresentado delineado neste trabalho, responde-se a pergunta norteadora de pesquisa.

1.2.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem por objetivo: compreender como se desenvolvem os processos ecoinovativos em um programa de destinação agrícola de lodo de esgoto no setor de saneamento do estado do Paraná.

Partindo-se do objetivo norteador, a seguir, apresenta-se os objetivos específicos, que corroboram para o alcance do objetivo ora proposto.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atingir este objetivo, as seguintes categorias de análise foram definidas:

- a) Caracterizar os principais atores do programa de Destinação Agrícola do Lodo de Esgoto do Estado do Paraná e suas conexões;
- b) Identificar os fatores motivadores para a criação do programa em estudo;
- c) Identificar os avanços e desafios relacionados às tipologias ecoinovativas desenvolvidas no programa;
- d) Identificar as percepções dos principais atores quanto aos reflexos sociais, econômicos e ambientais proporcionados pelo programa.

A partir dos objetivos específicos apresentados, o próximo tópico delinea justificativas teórica e prática deste estudo.

1.3 Justificativas

Em primeiro momento, justifica-se a escolha desta articulação teórica, haja vista que a temática ecoinovação, vem se maximizando tanto sob o contexto das práticas das organizações, como acadêmicas.

Desse modo, espera-se que os resultados apresentados neste trabalho, sejam úteis academicamente, ao conectar os temas ecoinovação e saneamento, assim como as práticas organizacionais.

Diante disso, vislumbra-se que estes achados, possam ser utilizados para direcionar a cultura da ecoinovação no setor de saneamento, em especial na destinação do lodo para a agricultura.

Dessa maneira, o enfoque teórico, deste trabalho vislumbra, a possibilidade de contribuir com pesquisas científicas na área da Administração, discutindo problemáticas sociais, econômicas e ambientais, como o caso das ecoinovações, que se correlacionam com o Programa de destinação agrícola de lodo de esgoto, no estado do Paraná.

Portanto, a pesquisa aproxima vertentes teóricas e empíricas, debruça-se sobre o estudo de um caso concreto, de um programa que atua em escala operacional, fruto de conhecimentos consolidados pela companhia de saneamento paranaense, com o desenvolvimento de pesquisas aplicáveis às soluções de gestão.

Esta dissertação tem suas lentes voltadas à perspectiva da ecoinovação, inicia-se a partir dos estudos de Fussler, James (1996), Rennings (2000), Carrillo- Hermosilla, J., Del Rio, P., Konnola, T. (2010) entre outros autores levantados na literatura nacional e internacional na contemporaneidade. Dessa forma, consultou-se periódicos científicos constantes no AJG - *Academic Journal Guide*, na área de inovação, em que se considerou os artigos publicados nos últimos três anos.

A escolha das revistas do AJG, justifica-se, tendo em vista sua representatividade, relevância e alto fator de impacto, uma vez que este guia, integra um renomado *ranking* de periódicos científicos, destacando-se pelos seus editores e comissão científica. Além de compreender um conjunto das principais revistas por assunto, que são avaliadas por especialistas, permitindo uma ampla visão no campo estudado.

Deste modo, com a pesquisa da literatura baseada nas publicações encontradas na área de inovação, nos periódicos científicos do AJG, abrem-se espaços para novos estudos.

Para tanto destaca-se a pesquisa de Granados, Ayala, Ramos-Mejia, (2024) analisa o efeito do desempenho organizacional, ambiental e como a adoção de inovações tecnológicas verdes pode afetar esta relação, maximizando ganhos de desempenho ambiental. Os pesquisadores propõem que estudos futuros, sejam observados além dos efeitos das inovações verdes de processos, produtos e serviços no desempenho organizacional e ambiental, haja vista que os mecanismos endógenos, que moldam estes efeitos nas empresas não foram observados.

Os estudos de Bammens e Hunermund (2023) introduzem construtos que identificam ganhos de reputação organizacional como um motivador em relação à ecoinovação. Estes autores apontam que estudos futuros, considerem as ecoinovações sob diferentes contextos globais, além da Alemanha, em distintos segmentos, assim como o respectivo impacto destas ecoinovações introduzidas pelas empresas, quanto a emissão de substâncias tóxicas.

Os autores Pfothenauer, Wentland, Ruge, (2023) aduzem sobre a cultura conservadora da inovação. Os autores, propõe que trabalhos futuros pesquisem sobre a continuidade e mudança inovativas comparando o que a inovação está tentando interromper e o que precisa manter, em diferentes culturas, permitido desafios.

Os trabalhos de Rauter, Globocnik , Baumgartner (2023) pesquisaram sobre o papel dos controles organizacionais, para promoção do desempenho da inovação, se debruçando sobre os resultados inerentes às atividades inovativas das organizações, evidenciando-se a não aplicabilidade à todas as operações da empresa.

Deste modo, os autores sugerem que em pesquisas futuras, se explore o papel dos controles formais e sociais na gestão do desempenho da sustentabilidade organizacional.

Cumprе salientar, que se realizou também a busca por pesquisas nacionais e internacionais, em que se destacam estudos que contemplam a conexão das temáticasecoinovações e serviços saneamento básico.

Neste cenário, primeiramente, verifica-se a pesquisa de Garcia-Castillo *et al.* (2024) em que os autores propõem um modelo de negócio circular para operação de ETEs municipais no México, com base na simbiose da economia circular e da ecoinovação, como estratégias para uma mudança sustentável em sua operação. Assinala-se que em estudos futuros, se proponha uma avaliação socioambiental de custo-benefício, atinente às possibilidades de uso de lodo e destinação de águas residuais e um estudo sobre viabilidade das diferentes opções em estações de tratamento no México. Os pesquisadores também propõem, que sejam realizadas avaliações dos efeitos de longo prazo alusivos às estratégias propostas e sobre as melhorias, para que se determine sua eficácia sustentável e potenciais impactos ambientais e econômicos.

Em seguida, observa-se o trabalho de Vasconcelos *et al.* (2023) que investiga como as companhias de saneamento básico brasileiras realizam os processos de inovação aberta. Os pesquisadores ilustram que trabalhos futuros ampliem a investigação para outras companhias de saneamento e realizem pesquisas suplementares com parceiros estratégicos. Sugere-se também, uma pesquisa qualitativa, para investigar as partes interessadas no desenvolvimento de novas tecnologias no setor de saneamento e a existência de prática da gestão da inovação aberta aceleradoras do desenvolvimento de novas tecnologias no setor.

Depois, tem-se o estudo dos pesquisadores Nguyen *et al.* (2022) que analisam as propriedades gerais do lodo de água, descarte e gerenciamento sustentável de recursos. Os autores expõem, que estudos futuros foquem na discussão da promoção de práticas de gerenciamento sustentáveis, em que o tratamento lodo de água seja considerado um recurso de valor agregado.

Olha-se a pesquisa de Gava (2020) que analisa a gestão da inovação em empresas regionais de saneamento no Brasil e a implementação de práticas de inovação aberta nos processos de pesquisa e desenvolvimento. O pesquisador sugere que pesquisas futuras, se aprofundem as estratégias de cada região, considerando as características locais.

Em seguida, verifica-se o trabalho de Venditti (2020) que pesquisa as fontes de inovação em saneamento. O autor argumenta que futuros estudos podem proporcionar uma melhor compreensão quanto aos padrões de funcionamento e fluxos de inovação existentes no setor, ampliando-se a amostragem de empresas pesquisadas. Sugere-se também, o envolvendo um maior número de gerentes e uma abordagem quantitativa, com o intuito de elucidar questões não evidenciadas na pesquisa qualitativa.

A par disso, salienta-se os estudos de Venditti e Pamplona (2020) que pesquisam sobre a cooperação para inovação, em empresas de saneamento básico brasileiras. Os autores sugerem que estudos futuros abordem modelos teóricos e conceituais sobre inovação aberta envolvendo o construto da capacidade de absorção dos processos deecoinovação.

Após as buscas por estudos anteriores, sobre a linha pesquisada, percebe-se a possibilidade de suprir lacunas teóricas, tendo em vistas que esta pesquisa se diferencia das pesquisas de Gava (2020), e Venditti (2020), tendo em vista que se realizou 21 entrevistas, em três categorias de atores, incluindo além da companhia de saneamento, o usuário e o Órgão Ambiental.

Desta forma, permitiu-se o aprofundamento do estudo sobre ecoinovação, abrangendo outros fatores não pesquisados tais como as tipologias ecoinovativas (design, usuário, produtos e serviços e governança) desenvolvidas pela companhia e os reflexos da ecoinovação objeto de estudo sob o olhar dos principais atores.

Para tanto, diante das lacunas evidenciadas pela pesquisadora sobre a temática ecoinovações no saneamento, considera-se pertinente este estudo, que objetiva

compreender o desenvolvimento dos processos ecoinovativos em um programa de destinação agrícola de lodo de esgoto no setor de saneamento.

Dessa maneira, no que concerne à justificativa prática, vislumbra-se que este estudo possa contribuir organizacionalmente, para estimular e auxiliar o desenvolvimento na gestão de empresas de saneamento, para que se desenvolvam ou se aprimorem projetos ecoinovativos, valorando o lodo com seu aproveitamento na agricultura, considerando a experiência das ecoinovações desenvolvidas no programa estudado. Desse modo, esta pesquisa pretende-se a impulsionar a conscientização tanto de formuladores de políticas públicas, assim como de gestores de companhias de saneamento, sob a importância da utilização agrícola do lodo, que consiste em uma alternativa sustentável, além de desestimular a destinação do lodo para disposição em aterros sanitários.

Por conseguinte, cumpre destacar a aderência desta dissertação com a linha Tecnologia e Desenvolvimento Organizacional, que a pesquisadora se encontra vinculada. Haja vista, que esta pesquisa se volta para o desenvolvimento científico e tecnológico da Administração, em que se contemplam perspectivas teóricas e problemas de natureza social, econômica, ambiental e tecnológica vigentes, sob o contexto regional e nacional, em consonância com a Resolução PPGA-CT/ UTFPR sob nº 1/2021, do Regulamento Interno do Programa de Pós-Graduação em Administração, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- PPGA-UTFPR.

Assim, partindo-se das justificativas ora apresentadas, delinea-se no tópico a seguir, a estrutura desta dissertação.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação estrutura-se em cinco seções, composta primeiramente por esta introdução, que contempla a contextualização alusiva ao tema pesquisado, a problematização, o objetivo geral, os objetivos específicos, a justificativa teórica e prática desta pesquisa.

Em seguida, na segunda seção, elenca o referencial teórico, que traz os principais conceitos de sustentabilidade, ecoinovação, seguido pelas questões alusivas ao uso agrícola do lodo de esgoto.

Sequencialmente, tem-se a terceira seção, que abarca os procedimentos metodológicos, o delineamento da pesquisa, os instrumentos de coleta e tratamento dos dados.

Na quarta seção, apresenta-se os resultados da pesquisa referentes ao programa em estudo.

Em seguida, na quinta seção são realizadas as considerações finais e com a indicações das limitações encontradas e a sugestão de pesquisas futuras.

Por fim relaciona-se as referências bibliográficas utilizadas, seguido pelos apêndices e anexos.

Para tanto, na próxima sessão, apresenta-se o referencial teórico, que norteará o desenvolvimento desta dissertação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, tem-se como objetivo trazer as perspectivas teóricas utilizadas na construção deste estudo. Para tanto, busca-se abordar o histórico e conceitos alusivos à sustentabilidade. Em seguida, pretende-se aproximar os conceitos atinentes àsecoinovações e suas tipologias, que servirão como base para o desenvolvimento deste trabalho, voltado para as ações ecoinovativas identificadas em um programa de utilização de lodo na agricultura no Estado do Paraná.

2.1 Sustentabilidade

Neste tópico, explana-se o contexto histórico, sobre o entendimento dos conceitos presentes na literatura, no que tange a sustentabilidade. Em que pese, não haja um consenso quanto a conceitualização, percebe-se a presença de entendimentos de posicionamentos convergentes.

2.1.1 Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável

A maximização das discussões alusivas à necessidade em alinhar desenvolvimento econômico, com questões sociais e relacionadas ao meio ambiente, vem se reverberando mundialmente há algumas décadas. Sob o contexto histórico do movimento ambiental, cumpre lembrar da bióloga norte-americana Rachel Carson (1962) que publicou a obra *Silent Spring*, que traduzida para o português, significa Primavera Silenciosa.

A autora, denunciou em uma publicação, fruto de várias pesquisas, o extermínio massivo de pássaros, em virtude da pulverização indiscriminada de pesticidas químicos nos Estados Unidos (Carson, 1962). Interessante se faz ressaltar, que o desenvolvimento sustentável vem sendo objeto de debate por autoridades mundiais, buscando-se alternativas para mitigar o consumo exacerbado, para que se otimizem o uso de recursos naturais, minimizando assim, os danos ambientais, além da promoção no tocante à qualidade de vida (Pimenta; Nardelli, 2015).

Oportuno se torna dizer, que após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

(PNUMA), em Estocolmo no ano de 1972, dá-se início às tratativas pertinentes às políticas ambientais e desenvolvimento econômico (UN, 1972).

Vale salientar, que a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento- CMMAD (1991) intitulada *Nosso Futuro Comum* e também conhecido como Relatório de *Brundtland*, trouxe à tona os riscos alusivos à exploração exacerbada de recursos naturais, em detrimento da capacidade do ecossistema (WCED, 1987).

Neste cenário, elucida-se a falta de compatibilidade entre o desenvolvimento sustentável e consumismo. Sendo assim, a CMMAD, entende que o desenvolvimento sustentável, caracteriza-se como um desenvolvimento capaz de atender as necessidades das presentes gerações, sem comprometer a capacidade de suprir as necessidades das gerações futuras (WCED, 1987).

No ano de 1992, ocorreu no Brasil, na cidade do Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a ECO-92 (Rio-92), encontro internacional, que reuniu representantes de vários países. A Conferência, fez com que o conceito de desenvolvimento sustentável, proposto pelo Relatório *Nosso Futuro Comum*, no ano de 1987, se tornasse mais visível, com o intuito de desenhar planos de ação e estratégias.

Desse modo, buscou-se um modelo mais sustentável de desenvolvimento, tanto para o crescimento econômico, como a preservação ambiental, pudessem ser gerenciados de forma mais benéfica e com cooperação (WBCSD, 2010).

Após transcorridos vinte anos, se deu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento ou Rio+20, com o intuito de dar sequência ao compromisso ora renovado, para o desenvolvimento sustentável. Assim, considerou-se as ações já alcançadas e o debate concernente à implementação de outras temáticas a serem galgadas, alusivas ao desenvolvimento sustentável (UNCSD, 2012).

No ano de 2015, foi definida a Agenda de Desenvolvimento Sustentável, chamada Agenda 2030, que fora adotada por 193 Estados-Membros da ONU 2030. Ela foi formada, pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs), que devem ser implementados até 2030. Esses objetivos, consistem em um apelo global, como erradicar a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, além de garantir que as pessoas, em diferentes lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade (UN, 2015; UNRIC, 2019).

A adoção desta Agenda, com seus objetivos globais, demarca uma nova era de ação nacional e de cooperação internacional, com um comprometimento e direcionamento global, alusivo às políticas nacionais e dos países signatários (UN, 2015; UNRIC, 2019).

Figura 1- Objetivos do Desenvolvimento Sustentável



Fonte: ONU (2015)

Para tanto, denota-se que os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, consistem no cerne da Agenda, vislumbrando seu alcance até 2030. Assim, tais objetivos encontram-se atrelados à manutenção do equilíbrio atinente às dimensões econômica, social e ambiental, consideradas uníssonas, em face da necessidade de se trabalhar esses objetivos na totalidade, colocando-se em prática o desenvolvimento sustentável (PNUD, 2015).

Na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável-Rio+20, se deu a recomendação de que os ODSs se orientassem para ações mais concisas, com fácil comunicação, sendo de natureza global, com aplicabilidade universal em todos os países. Para tanto, considera-se as distintas realidades nacionais, assim como, suas capacidades, níveis de desenvolvimento, respeitando tantos as políticas como suas respectivas prioridades (Barbieri, 2020).

O documento aprovado durante a Cúpula das Nações Unidas em Nova York, que traz a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, com os respectivos ODSs, consiste em uma declaração com visão futura, contendo tanto os princípios, como os compromissos e recomendações, para que se dê o respectivo

acompanhamento e avaliação, ou seja, trata-se de um plano de ação, que compreende o período de 2016 a 2030 (Barbieri, 2020).

Cumprido destacar, que dentre os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, o merece destaque o ODS 6, que versa sobre água potável e saneamento, contempla-se “garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos”. Salienta-se ainda, que o referido ODS, insere-se na necessidade de garantia do direito humano à água potável, bem como de assegurar saneamento e higiene para todos. Ou seja, a ausência de suprimento de água, saneamento e higiene impacta robustamente a saúde e o bem-estar das populações, além de corroborar com perdas nas atividades econômicas (PNUD, 2015).

Neste sentido, salienta-se que a água e o saneamento costumam refletir em ganhos econômicos substantivos. Desta forma, na visão das Nações Unidas, a garantia de disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento só será possível, a partir de mudanças de comportamento sociais, assim como na promoção destas alterações, que se dão pela educação e ciência (PNUD, 2015).

Assim, considera-se a água como capital natural, integrante de um sistema socioecológico, que necessita de foco no que se refere a riscos e danos graves ou irreversíveis. Pois, esses danos, podem impactar na qualidade e na sua disponibilidade para a sociedade. Desse modo, considera-se que a sustentabilidade da água, se encontra vinculada à biocapacidade do ecossistema, para que dessa forma, se atenda em qualidade e quantidade as gerações do presente e do futuro (Jannuzzi *et al.*, 2020).

Entende-se ainda, que a Agenda 2030, sintetiza os documentos concernentes às áreas prioritárias do desenvolvimento sustentável, sob a visão operacional, acumulando assim, os resultados advindos de um longo percurso de discussões atinentes à temática desenvolvimento e sobre a sustentabilidade, o qual iniciou-se em 1972, com a Conferência de Estocolmo (Barbieri, 2020). José Barbieri (2020) compreende que se fazem prementes, revisões alusivas às ações humanas, para que se contemple, o desenvolvimento, em convergência com a equidade e respeito ao meio ambiente. Ele compreende esse alinhamento, como o cerne para o desenvolvimento sustentável, em consonância com a Agenda 2030 (Barbieri, 2020).

Recentemente, entre 30 de novembro a 12 de dezembro de 2023, ocorreu a 28ª Conferência do Clima da Organização das Nações Unidas (ONU), a COP 28. Neste

evento, líderes mundiais se reuniram em Dubai, nos Emirados Árabes, para traçar diretrizes na luta global contra as alterações climáticas (UN, 2023).

Contudo, verifica-se um dinâmico processo, com uma avaliação crítica, no que tange às relações entre economia, sociedade e meio ambiente, tendo como discussão tais temáticas, partindo-se desde o ano de 1960, quando se iniciou uma consciência ecológica, despertando algumas vertentes teóricas da economia (Rodrigues; Rippel, 2015).

Por sua vez, Feil e Schreiber (2017) consideram que a sustentabilidade se fundamenta na preocupação com a qualidade de um sistema, que se integra de forma indissociável, albergando quer o ambiental como o humano, avaliando desta maneira suas propriedades e características quanto aos aspectos de ordem ambiental, social e econômico.

Interessante se faz destacar, que o desenvolvimento sustentável pode ser compreendido como uma estratégia de longo prazo, que vislumbra uma melhorar qualidade de vida à sociedade.

Assim, essa estratégia, deve abranger quer os aspectos ambientais, sociais como os econômicos. Considera o conceito de estratégias ou ato de gerenciar, com sua elaboração embasada em resultados de avaliações da sustentabilidade, tendo como foco os aspectos negativos, para que se recupere ou normalize até o momento em que o processo evolutivo desse sistema, transcorra com normalidade (Feil; Schreiber, 2017).

Percebe-se ainda, que dentre os desafios globais correlacionados à sustentabilidade, pode-se contemplar a ética dos negócios, podendo auxiliar nas estratégias e práticas que possibilitem a contribuição de um mundo mais sustentável, que de forma simultânea se possibilite o direcionamento, quanto a geração de valor para o acionista, considerando essa abordagem, como a criação de valor sustentável para a empresa (Hart; Milstein, 2004).

A seguir segue um quadro síntese atinente aos principais conceitos sobre sustentabilidade.

Quadro 1 - Conceitos sobre sustentabilidade

Autor	Conceito
CMMAD (1987) Brundtland	Capacidade de suprir as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades.
Elkington (2012)	Equilíbrio entre os pilares social, ambiental e econômico.
Aloise e Macke (2017) Aloise; Nodari e Dorion (2017)	Consiste na adoção de negócios sustentáveis, com ações voltadas para o desenvolvimento sustentável, gerando valor para as organizações e sociedade, integrando os objetivos econômicos, ambientais e sociais.
Barbieri (2024)	Consiste na promoção do bem-estar das gerações atuais e futuras, com o cuidado, melhora e proteção do meio ambiente.

Fonte: Autoria própria (2024)

Elkington (2012) traz um modelo, que coaduna com a atividade corporativa voltada para desenvolvimento sustentável, que contempla a simultaneidade da produção de lucros, sendo socialmente justa e ambientalmente correta, sob a égide dos três pilares, econômico, social e ambiental, conhecidos tripé do desenvolvimento sustentável ou *Tripple Bottom Line* (TBL).

Ressalta-se ainda, que Elkington (2018), ressignifica seus conceitos de gestão, como marco temporal, após os vinte e cinco anos da criação do termo *Triple Bottom Line*, o qual teve seu advento em 1994.

O autor aponta, que em que pese o termo sustentabilidade tenha se disseminado nos sistemas de gestão, as metas de sustentabilidade, não devem limitar-se em detrimento da mensuração de lucros e prejuízos. Devendo para tanto, intensificar os esforços, para o bem-estar das pessoas, da saúde e do planeta. Desta forma, o *Triple Bottom Line*, não se resume em meros índices e resultados econômicos, com o intuito de reverberar um pseudo interesse pela sustentabilidade (Elkington, 2018).

Impende ainda ressaltar, que o desenvolvimento sustentável, consiste em uma alternativa que se dá em face da promoção do crescimento econômico, com alicerce tanto na preservação ambiental, como concernente à promoção da democracia (Molina, 2019).

Similarmente estudos de Sugahara e Rodrigues (2019) destacam, que o desenvolvimento sustentável, deve vincular-se aos compromissos atinentes às questões políticas e econômicas que refletem tanto no crescimento, como o consumo de matéria e energia.

Ademais, assinala-se, que para se galgar a sustentabilidade nos negócios, cumpre às empresas, a materialização de um conjunto de alterações não limitadas aos seus processos internos, como também concernentes ao nível de larga escala dos ecossistemas de negócios. Pois, desta forma, persegue-se o aprimoramento e a busca por novas dinâmicas negociais. Assim, vislumbra-se a redução de externalidades ambientais negativas e a manutenção do desempenho econômico empresarial (Azevedo *et al.*, 2014).

Entretanto, as empresas enfrentam o desafio quanto a mitigação de perdas de operações, tais como o combate à poluição. Pois, ao mesmo tempo em que elas, perseguem a reorientação dos seus portfólios de competências, inclinadas para habilidades mais sustentáveis, como tecnologia limpa, elas se deparam aos desafios quanto ao engajamento de uma ampla interação de diálogo com os *stakeholders* externos. Devendo se atentar quanto as ofertas atuais, responsabilidade por produto, bem como para o modo de desenvoltura, alusivo às soluções economicamente viáveis, perante os problemas sociais e ambientais do futuro, contemplando assim, uma visão de sustentabilidade (Hart; Milstein, 2004).

Analogamente, vale argumentar, que o comportamento organizacional requer uma configuração com uma nova concepção empresarial, em que as instituições, considerem além da existência do lucro, concebendo a ideia de que são responsáveis pela manutenção dos recursos naturais para o futuro da humanidade (Aloise; Nodari e Dorion, 2017).

Considera-se ainda, o dever de agir com ética, tendo como alicerce a responsabilidade atinente à coletividade, haja vista a vulnerabilidade da natureza diante da intervenção humana. Pois desta maneira, as ações e seus reflexos não devem compactuar com processos destrutivos, prejudiciais às gerações futuras, não permitindo-se assim, a vulnerabilidade quanto às condições alusivas à perpetuidade humanidade no Planeta (Jonas, 2006).

Ademais, ainda cumpre ressaltar, que a responsabilidade organizacional se fundamenta nas formulações do imperativo ético de Jonas (2006) no que atine aos reflexos concernentes às atitudes alinhadas com a permanência da vida humana no Planeta.

Porquanto, o autor considera que os reflexos alusivos às ações de preservação, fazem-se necessários para que se proporcione a sobrevivência de vidas futuras, além

da inserção de escolhas pertinentes ao presente, com o intuito de perseverar a posterior integralidade do homem (Jonas, 2006).

Por conseguinte, se faz importante mencionar, que o desenvolvimento sustentável pode ser evidenciado sob a dimensão ambiental, tendo suas lentes voltadas para o contexto organizacional, no que se refere às práticas ambientais (Carvalho, 2019).

Assim, de acordo com Coenen e López (2010) estudos sobre inovação, vem se debruçando demonstrando maior interesse por tecnologias limpas, que abordam a sustentabilidade.

Oliveira e Silva (2023) argumentam que em face da ampliação de iniciativas em equilibrar meio ambiente, sociedade e negócios, buscam-se alternativas mais sustentáveis, para uma melhor desenvoltura das atividades empresariais, de maneira que se mitiguem os impactos ambientais, sendo as ecoinovações, uma das formas de se materializar estas práticas. Cumpre salientar que essas iniciativas concernentes às questões ambientais, sociais e empresariais podem se dar em detrimento de forças legais, políticas públicas, mercadológicas ou mesmo por vontade própria, refletem em conjunto com a ideia de inovar.

Desta maneira, entende-se que a inovação se sobrevém à sustentabilidade, nas formas do que e como produzir sustentavelmente e sob este contexto, surge a inovação sustentável ou ecoinovação (Biscolli *et al.*, 2016).

Para tanto, as autoras salientam que a ecoinovação merece destaque, quer seja na prática das organizações, como atinentes aos estudos teóricos da contemporaneidade, uma vez que ela implica nos reflexos referentes à sustentabilidade organizacional e social. Além do mais, observa-se que a sustentabilidade, alinhada à inovação ambiental e tecnológica, corrobora com o conceito de ecoinovação (Bíscoli *et al.*, 2016).

Partindo-se destes pressupostos, a próxima subseção aborda a ecoinovação, que consiste na temática central desta dissertação.

2.2 Ecoinovação e a conexão com a sustentabilidade

Primeiramente, cumpre destacar a discussão contemporânea, que versa sobre a conexão entre as temáticas inovação e sustentabilidade quando se aborda a ecoinovação.

Assinala-se, que com o advento do desenvolvimento industrial, com poluição em escala a partir da década de 60, sobressaíram distintas problemáticas ambientais, em face de questões decorrentes do crescimento econômico exacerbado, evidenciando inúmeros prejuízos sob o contexto global, exigindo mudanças organizacionais (Elzen, 2005; Elkington 2012).

Neste contexto, as ecoinovações buscam corroborar com o equilíbrio das relações entre sociedade, economia e meio ambiente que se destacam a partir dos estudos de Elkington (2012) com o termo sustentabilidade, que abarca o tripé da sustentabilidade e o contexto sobre desenvolvimento sustentável.

Conforme já assinalado, com o advento de diversos debates internacionais, principalmente após o ano de 1987, a partir do Relatório Nosso Futuro Comum, o conceito sobre desenvolvimento sustentável, destaca-se além da atividade econômica e gestão de negócios, considerando o aproveitamento e uso racional e eficiente de recursos naturais (Aloise; Dorion; Nodari, 2016; Aloise; Macke 2017; Koeller *et al.*, 2020).

Aloise, Dorion e Nodari (2016) apontam, que as ecoinovações e o desenvolvimento sustentável, consistem em temáticas estreitamente relacionadas. Neste sentido, esses pesquisadores aduzem que o desenvolvimento sustentável, demarca a inovação, como mecanismo de desenvolvimento de novos produtos, em que questões ambientais, com a minimização do consumo de energia, utilização racional de recursos naturais, substituição de matérias primas, não degradação do meio ambiente, destinação de resíduos e mitigação da poluição.

2.3 Ecoinovação e seus conceitos

O termo ecoinovação foi evidenciado no ano de 1996, por Claude Fussler e Peter James no livro *Driving Eco-Innovation: A Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability*. Sendo assim, Peter James aprimorou tais ideias, difundindo a definição do tema ecoinovação, como novos produtos e processos, que trazem valor tanto para o cliente como para o negócio, mitigando de forma significativa, os impactos ambientais (James, 1997).

Nesse ínterim, a literatura apresenta, distintas definições sobre o conceito de ecoinovação, conforme apresenta-se a seguir:

Quadro 2 - Conceitos sobre ecoinovação

Autores	Conceitos sobre ecoinovação
Fussler e James (1996 e James (1997)	Considera-se ecoinovação, um novo produto ou processo, o qual agrega valor, quer seja para o negócio ou para o cliente, mitigando desta forma, os respectivos impactos ambientais. A ecoinovação traz estabilidade ecológica, de recursos e socioeconômica.
Rennings (1998) e Rennings (2000)	Consiste em processos, técnicas, práticas e produtos, que podem ser novos ou melhorados, com o intuito de prevenir e minimizar o impacto ambiental. Abrangem mudanças tecnológicas, organizacionais, sociais e institucionais.
Kemp e Pearson (2007). Andersen (2008); Foxon e Andersen (2009)	A ecoinovação constitui-se na produção, assimilação ou utilização de um produto, processo produtivo, serviço ou gestão, ou ainda um método de negócio considerado novo para a organização que faz sua adoção, considerando o ciclo de vida como um todo, tanto na redução do risco ambiental, como atinente à poluição e outros impactos negativos, que se utilizam de recursos comparados com alternativas relevantes. Analogamente, se compreende, como a capacidade em atrair rendas verdes no mercado, minimizando os impactos ambientais enquanto cria-se valor para as organizações.
Reid e Miedzinski (2008)	É a criação de novos e competitivos esforços de produtos, processos, sistemas, serviços e procedimentos concebidos para a satisfação das necessidades humanas, proporcionando assim, uma melhor qualidade de vida para todos, minimizando-se a utilização do ciclo de vida de recursos naturais e liberação mínima de substâncias tóxicas.
Kemp; Foxon (2007) e Arundel; Kemp (2009)	Consiste na produção, aplicabilidade, ou ainda na exploração de um bem, serviço, processo de produção, estrutura organizacional ou mesmo de gestão ou método de negócio, o qual é novo para a empresa ou usuário. Considera os resultados, durante seu ciclo de vida e a redução tanto aos riscos ambientais, como quanto à poluição e impactos negativos, oriundos da utilização de destes recursos, comparados às alternativas correspondentes.
Könnölä, Carrillo-Hermosilla e Gonzalez (2008);	As ecoinovações, configuram-se como importantes mecanismos facilitadores na conexão do sistema inovador, contribuindo assim, para a renovação do sistema de inovação, levando-se em conta aspectos sociais, ecológicos e econômicos.
arrillo-Hermosilla; Del Rio; Könnölä (2010)	Considera que as ecoinovações, consistem em um processo de mudança sistêmica tecnológica e/ou social, que se deriva de uma ideia que ao ser colocada em prática, proporciona melhorias no desempenho ambiental.

Fonte: Adaptado de Maçaneiro e Cunha (2010)

Para tanto, o quadro apresentado, traz os conceitos concernentes à ecoinovação, que segundo a pesquisa de Maçaneiro e Cunha (2010), se diferencia do conceito linear de inovação. As autoras consideram que a ecoinovação, correlaciona-se com a minimização de encargos ambientais, proporcionando assim, a dinâmica ecológica quanto aos produtos, processos, estratégias de negócios, mercados, tecnologias e sistemas de inovação (Maçaneiro; Cunha, 2010).

Esta pesquisa, utiliza o conceito de ecoinovação, considerando as tipologias ecoinovativas, com suas lentes voltadas inovações ambientais como similares. Desta

forma ao relacionar a inovação com a sustentabilidade ambiental, considera a ecoinovação, como importante instrumento, que contribui com o ambiente inovador, vislumbrando-se a conciliação do crescimento sucessivo, com os aspectos sociais, econômicos e ambientais (Carrillo-Hermosilla; Del Rio; Konnola, 2010).

Analogamente, o estudo de Kiefer, Carrillo-Hermosilla, Del Río; Barroso (2017) considera que as ecoinovações, minimizam os impactos ambientais das atividades de produção e consumo, consideradas fundamentais na transição para a sustentabilidade.

Por sua vez, compreende-se que tais conceitos, abarcam iniciativas desenvolvidoras tanto de ideias, como de produtos e processos, para que eles corroborem com a minimização de reflexos ao meio ambiente ou alusivos às metas que contemplam a sustentabilidade (Rennings, 1998).

Salienta-se ainda, que podem se dar impactos no comportamento dos consumidores, novas abordagens de marketing, busca por participações de mercado, competitividade, assim como, o ensejo de inovações. Além do mais, consideram-se novas variáveis para a avaliação da *performance* do mercado e do produto, sendo que estas mudanças, exigem da empresa, a adequação atinente às normas e regulamentações ambientais, que devem submeter seus produtos (Aloise; Dorion; Nodari, 2016). Observa-se que em face da incorporação de questões atinentes ao meio ambiente, se faz iminente por parte das organizações, a inserção de uma agenda de inovação, uma vez que o campo ecoinovativo, insurge-se nesse processo, como importante elemento de análise (Jacomossi; Junger; Moraes, 2019).

Vale salientar ainda, que as inovações tecnológicas, são uma condição valiosa para a ascensão dos processos correlacionados aos sistemas produtivos. Todavia, no caso de inovação sustentável, a mesma deve compreender às dimensões da sustentabilidade e desta forma trazer resultados econômicos, sociais e ambientais (Hirata; Kniess; Quoniam, 2015).

De acordo com Rennings (1998) a política de ecoinovação necessita de uma estreita coordenação com a política ambiental, em que se compreende todas as fases da inovação. Considera-se esta política ecoinovativa, como complementar, ressalta-se ainda, que uma política ambiental negligenciadora quanto aos efeitos de potencial benéfico na fase de invenção, pode implicar em custos econômicos excessivos.

Denota-se, que as ecoinovações abarcam soluções inovativas consideravelmente aprimoradas, sendo que elas podem introduzir-se em diferentes

fases do ciclo de vida do produto. Desta forma, percebe-se que ganhos mais eficientes de recursos no início da cadeia, uma vez que, ao final do ciclo de vida do produto, os ganhos detêm menor representatividade (Reid; Miedzinski, 2008).

Ainda cumpre salientar que tanto no desenvolvimento recente, como em tendências ecoinovativas futuras, quer na teoria, como em sua aplicabilidade, em sua composição, suas formas usuais de inovação incremental, até inovações mais radicais e sistemáticas, a ecoinovação pode se desenvolver em uma área decisiva de pesquisa científica, com aplicabilidade industrial, em face dos impulsos tecnológicos e regulatórios, como também pela atração do mercado. Assim, permite-se o sucesso econômico, sem comprometer as questões ambientais (Azevedo *et al.*, 2014).

Os estudos de Carrillo-Hermosilla, Del Río e Könnölä (2010), compreendem a ecoinovação como instrumento para a inovação, considerando-se como principal fator a redução do impacto ambiental. Os autores sustentam ainda, que a ecoinovação consiste em um importante mecanismo facilitador na conexão do sistema inovador, que contribui com a renovação do sistema de inovação.

Considera-se ainda, que os aspectos sociais, ecológicos e econômicos se denotam tanto a sobrevivência de longo prazo, quanto ao sistema econômico, que se atrela com sua capacidade de criação e manutenção de processos econômicos sustentáveis, corroborado assim, com a criação de valor de curto prazo, em contrapartida às riquezas advindas do longo prazo (Carrillo-Hermosilla; Del-Rio; Könnölä, 2010).

Desta forma, os autores entendem que para a obtenção de ecoinovações de sucesso, se faz imperioso superar instrumentos específicos oferecidos pelo governo. Ou seja, para seu êxito, requer-se a aplicabilidade de políticas ambientais, tecnologias, industriais, macroeconômicas, educação e emprego. Desta forma, vislumbra-se que se persevere as inovações, tanto atinentes aos processos novos, como quanto aos modificados, abrangendo desta maneira, sistemas e produtos que beneficiem a natureza (Carrillo-Hermosilla; Del-Rio; Könnölä, 2010).

Salienta-se ainda, que as tecnologias ambientais, relacionam-se quanto ao controle da poluição, podendo abarcando por exemplo, tecnologias de tratamento atinentes às águas residuais, em novos processos de fabricação menos poluentes, gestão de resíduos, energias renováveis entre outros (Kemp; Pearson, 2007).

Denota-se, que as ecoinovações abarcam soluções inovativas consideravelmente aprimoradas, sendo que elas podem introduzir-se em diferentes fases do ciclo de vida do produto. Desta forma, percebe-se que ganhos mais eficientes de recursos no início da cadeia, uma vez que, ao final do ciclo de vida do produto, os ganhos detêm menor representatividade (Reid; Miedzinski, 2008).

Por sua vez, tanto no desenvolvimento recente, como nas tendências futuras ecoinovativas, quer na teoria, como em sua aplicabilidade, na composição de suas formas usuais de inovação incremental, até inovações mais radicais e sistemáticas, a ecoinovação pode se desenvolver em uma área decisiva de pesquisa científica, com aplicabilidade industrial, em face dos impulsos tecnológicos e regulatórios, como também pela atração do mercado. Assim, permite-se o sucesso econômico, sem comprometer as questões ambientais (Azevedo *et al.*, 2014).

Considera-se ainda, a inovação sustentável, como uma alternativa na construção de uma nova economia de baixo carbono, em que se vislumbra o desenvolvimento sustentável e a viabilidade tanto atinentes às iniciativas focadas na minimização e adaptabilidade, quanto alusivas aos impactos ambientais, sendo em especial aqueles relacionados às mudanças climáticas (Pinsky *et al.*, 2015).

Cumprе salientar, que a ecoinovação merece destaque, quer seja na prática das organizações como atinentes aos estudos teóricos da contemporaneidade, uma vez que ela implica nos reflexos referentes à sustentabilidade organizacional e social. Contudo, observa-se que a sustentabilidade, alinhada à inovação ambiental e tecnológica, corrobora com o conceito de ecoinovação (Bíscoli *et al.*, 2016).

Dentre os distintos conceitos sobre ecoinovação apresentados no Quadro 2, esta dissertação adota o entendimento proposto pelos autores Carrillo-Hermosilla, Del Ríо e Könnölä (2010) por considerar uma definição que corrobora alinha com o objeto de estudo desta pesquisa.

Para tanto, na próxima subseção apresenta-se as tipologias segundo a classificação de diversos autores.

2.4 Ecoinovação e suas tipologias

Cumprе salienta-se, que as ecoinovações podem classificam sob diferentes tipologias de acordo com o entendimento de diferentes autores.

Quadro 3- Tipologias Ecoinovativas

Autor	Classificação
Fussler e James (1996)	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidade Ecológica. - Estabilidade de Recursos.
	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilidade Socioeconômica
Rennings (1998)	<ul style="list-style-type: none"> - Eco inovações tecnológicas preventivas e curativas. - Eco inovações organizacionais: mudanças nos instrumentos de gestão. - Eco inovações sociais: mudança no comportamento e estilo de vida do consumidor. - Eco inovações institucionais: redes e agências, comércio global e comércio internacional.
Kemp e Foxon (2007)	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologias ambientais. - Inovações organizacionais para o meio ambiente. - Inovação em produtos ou serviços - Sistema verde de inovação: sistemas alternativos
Andersen (2006, 2008)	<ul style="list-style-type: none"> - Eco inovações <i>Add-On</i>. - Eco inovações Integradas. - Eco inovações de produtos alternativos. - Eco inovações macro-organizacionais.
Carrillo-Hermosilla, Gonzalez e Konnola (2010)	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensão do <i>design</i>. - Dimensão do usuário. - Dimensão do produto e serviço. - Dimensão da governança

Fonte: Adaptado de Mendonça (2014, p. 70)

Para tanto, esta pesquisa considera as quatro dimensões da ecoinovação concebidas pelos autores Carrillo-Hermosilla, Del Rio, Konnola (2010), sendo elas *design*, usuário, produtos e serviços e governança. Elegeu-se estas tipologias destes autores, haja vista que sua orientação teórica se adequa ao objeto deste trabalho, enquadrando-se nas ecoinovações pesquisadas, em cada uma das dimensões propostas. Além do mais, os autores proporcionam uma estrutura clara destas quanto as tipologias ecoinovativas.

Primeiramente tem-se a dimensão *design*, que é formada por três fatores que refletem no impacto que as ecoinovações podem proporcionar, dentre eles salienta-se o primeiro fator que consiste na adição de componentes na busca pela minimização de reflexos negativos, sem alterar o processo e o sistema gerador do problema, em segundo lugar tem-se as soluções dotadas de ecoeficiência, para um melhor desempenho, minimizando impactos negativos, tais como a criação de bens e serviços ao se utilizar menos recursos, gerando menos poluição e por fim considera-se

caracteriza-se a alteração no sistema, referente ao seu desenho e alterações de componentes, direcionados quer para os reflexos positivos como negativos dessas ações.

Os autores consideram a tipologia *design*, abarca o processo de desenvolvimento de produtos que podem determinar lucros e custos, assim como oportunizar ao alcance de objetivos ambientais.

Como segunda classificação, Carrillo-Hermosilla, Del Rio, Konnola (2010), consideram a dimensão do usuário, que elenca dois fatores, sendo eles o desenvolvimento e a aceitação do usuário. O desenvolvimento se dá quando aecoinovação se materializa pelo envolvimento do usuário na criação daecoinovação já o segundo fator reverbera-se pela aceitação do usuário, quando ele chancela aecoinovação, com mudanças de comportamento voltados para o meio ambiente aplicados ao seu cotidiano (Mendonça: Cunha; Nascimento, 2013).

Já como terceira tipologia ecoinovativa tem-se a de produtos e serviços, sendo mais abrangente, destacando-se as mudanças de processo na cadeia de valor e na forma da entrega dos produtos e serviços, pelas empresas. Ela pode proporcionar novos clientes e novas parcerias (Carrillo-Hermosilla; Del Rio; Konnola (2010).

Por fim, na quarta tipologia ecoinovativa, os autores trazem a governança, que abarca soluções tanto organizacionais como institucionais, buscando sanar conflitos concernentes aos recursos ambientais, tanto na esfera pública como privada. Os autores entendem que para o alcance de soluções ambientais ecoinovadoras deve-se desenvolver parcerias.

Cumpra também ressaltar os estudos de Kiefer, Carrillo-Hermosilla, Del Río; Barroso (2017) compreendem que distintos tipos deecoinovações, refletem em diferentes graus de mudanças na empresa, assim como suas relações com o ambiente externo. Os autores consideram que ocorrem diferentes implicações na gestão empresarial e nas políticas públicas, que objetivam apoiar essasecoinovações.

Antes das discussões atinentes ao setor de saneamento e lodo de esgoto, cumpre destacar a pesquisa de Gava (2020) que corrobora nesse sentido. O autor aduz que as companhias de saneamento vêm buscando o desenvolvimento de inovações quer em sua estrutura interna como por outros meios, tais como clientes, parcerias, universidades, entre outros, para alcançar melhores resultados. As empresas de saneamento brasileiras usam de forma intencional usam de forma intencional as fontes

externas de conhecimento em seus processos de inovação. Para os autores a busca pela internalização de inovações tecnológicas em suas operações e suas interações se dão principalmente por cooperações com universidades e institutos de pesquisa e fornecedores (Gava, 2020).

2.5 Ecoinovações na destinação agrícola de lodo

Sobretudo, antes de adentrar nas ecoinovações do aproveitamento agrícola programa de lodo, serão feitas breves considerações sobre saneamento básico, histórico do saneamento no Brasil, no estado do Paraná, contextualizando o histórico da Sanepar e do Programa de Destinação Agrícola do Lodo, além de breves considerações legais sobre saneamento no Brasil, uso agrícola do lodo no Paraná, assim como, as etapas de gerenciamento de lodo e as ecoinovações identificadas na reciclagem agrícola paranaense.

Ademais, de acordo com pesquisas de Miranda, Koeller e Lustosa (2022) os serviços de tratamento de água, esgoto e gestão de resíduos, consistem em uma atividade altamente poluidora, cuja natureza requer a aplicabilidade de atividades ecoinovadoras, para seu respectivo tratamento.

Logo, os autores compreendem que dentre as atribuições da ecoinovação considera-se preponderante, a reversão da degradação ambiental, precipuamente para a efetivação do modelo de desenvolvimento sustentável, o qual vem sendo assiduamente debatido, tanto na literatura, como por instituições e fóruns internacionais. Desse modo, eles compreendem que paralelamente, se dão políticas públicas de estímulo ao investimento destas atividades, tais como incentivos fiscais e regulamentações ambientais.

2.5.1 Breves considerações sobre saneamento básico

Em primeiro momento, cumpre salientar o entendimento da Organização das Nações Unidas, que considera o saneamento básico, como um direito humano, que deve ser ofertado globalmente (ONU, 2010).

Ainda neste contexto, Freire (2020) argumenta sobre o ciclo da água, que após seu uso, incorpora novos elementos e que eles favorecem na respectiva alteração de suas características naturais. Dessa forma, a parcela da água usada para as diferentes atividades cotidianas, retorna para o meio ambiente, e desta forma, os despejos

oriundos das distintas utilizações da água são chamados de esgotos ou águas residuárias.

Assinala-se ainda, que os serviços de esgotamento sanitário, se interligam com a segurança hídrica urbana e por consequência se relacionam com a saúde das pessoas e ambiente. Desta forma, constata-se que cidades que não dispõem de esgotamento sanitário ou que apresentam deficiência nesses serviços, se revestem de problemas alusivos à saúde pública, com a proliferação hídrica de doenças e casos graves de poluição da água (Zagallo, 2018).

Contudo, se o esgoto, não for devidamente tratado, pode causar uma série problemas de ordem social e ambiental. Consequentemente, em detrimento da maximização do desenvolvimento urbano, corrobora-se com o aumento do consumo da água e assim, surge a possibilidade da materialização de uma série de problemas fazendo-se necessária uma destinação adequada para os esgotos (Freire, 2020).

Cumprir relatar, que o lançamento de esgotos nos corpos hídricos sem o tratamento adequado, resulta no comprometimento alusivo à qualidade da água, principalmente nas proximidades urbanas, podendo tornar inviável o atendimento quanto aos usos dos recursos hídricos, principalmente para o abastecimento humano, além de impactar a saúde da população (ANA, 2021).

Para tanto, a seguir, explana-se o histórico do saneamento no Brasil conforme passa a seguir.

2.5.2 Breves considerações do saneamento no Brasil

Cumprir relatar, que o lançamento de esgotos nos corpos hídricos sem o Historicamente falando, cumprir relatar que a política de saneamento se desenvolveu em sintonia com iniciativas e interesses inspirados na Europa, que as políticas de recursos hídricos, emergiram face à necessidade de regulação do uso da água, em especial, para gerar energia elétrica em detrimento de uma crise externa e de centralização administrativa (Murta; Castro; Heller, 2015).

Neste sentido, convém lembrar, que no início do século XXI, o Brasil já possuía robustas deficiências concernentes aos serviços de saneamento, em especial no que se refere à coleta e tratamento de esgotos sanitários, que vai além da disposição de resíduos sólidos. Contudo, verifica-se que o atendimento precário se maximiza em áreas periurbanas e rurais, em que comumente residem populações mais vulneráveis

socialmente, tendo um reflexo mais visível no atendimento ineficiente da coleta e tratamento de esgotos, além da poluição hídrica, que reflete negativamente na saúde humana (Murta; Castro; Heller, 2015).

De acordo com o Atlas Esgoto da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021) aproximadamente cento e dez mil quilômetros de rios, possuem sua qualidade da água comprometida por carga orgânica, sendo que apenas trinta e nove por cento desta carga, é removida das mais de nove mil toneladas de esgotos gerados cotidianamente no Brasil, considerando-se um índice muito abaixo dos sessenta por cento de remoção mínimos fixados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Destaca-se ainda, que nosso país possui 3.738 municípios sem estação de tratamento de esgotos e para tanto, requer-se um investimento no importe de cento e quarenta e nove bilhões de reais até o ano de 2035, para que assim, se universalizem os serviços, maximizando desta forma, a segurança hídrica das cidades, atinentes aos termos de qualidade da água (ANA, 2021).

Se faz importante salientar, que grande parte da população do mundo, ainda sofre com a falta de acesso adequado aos serviços de saneamento básico, se fazendo primordial assegurar esse serviço, uma vez que se constitui em um direito à vida e à dignidade humana (Zagallo, 2018).

Analogamente, a pesquisa de Araújo e Bertussi (2018) assinala que um dos principais reflexos negativos da deficiência do saneamento no Brasil, consiste na ausência de recursos de investimentos no setor.

Destarte, Schuster (1994) a partir da década de 1950, com o progresso decorreu a ampliação do crescimento desordenada da população nos grandes centros urbanos, impactando na necessidade de obras de infraestrutura, principalmente no que atine ao saneamento. Para tanto, se explana um breve histórico do saneamento no Estado do Paraná, conforme segue.

A seguir, se contextualizará, sobre a Companhia de Saneamento do Paraná e o Programa de Destinação Agrícola do Lodo, trazendo o percurso histórico do Programa nas últimas quatro décadas.

A seguir, tem-se uma breve síntese histórica da Sanepar e do programa do lodo, em que se verifica o percurso do programa e da Sanepar, desde a criação da Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento, em que já se buscava soluções o progresso de novas

tecnologias, inclusive com cooperações técnicas nacionais e internacionais de forma interdisciplinar e interinstitucional que se configuram como distintasecoinovações já citadas.

2.5.3 Histórico da Sanepar e do Programa de Destinação Agrícola do Lodo de Esgoto

Na data de 19 de junho de 1964, pela Lei 4.878, alterou-se a denominação social Companhia de Água e Esgotos do Paraná- Agepar, para Companhia de Saneamento do Paraná -Sanepar (Paraná, 1964).

Conforme destaca Schuster (1994) a Sanepar, vislumbrava a necessidade desenvolver um planejamento, que ultrapassasse suas atribuições em suprimir as atividades alusivas à captação, tratamento, distribuição de água e tratamento dejetos sanitários. A Companhia, almejava alternativas, para proporcionar o bem-estar coletivo, com melhores condições, concernentes à saúde, higiene e saúde, fazendo-se necessárias, modificações por parte da organização.

Para tanto, no ano de 1980, a Sanepar criou a Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento, para que se delineassem ações direcionadoras de esforços para a inovações tecnológicas. A Companhia buscava por melhores soluções, tanto no atendimento aos usuários, como na redução de custos atinentes às operações e desenvolvimento (Schuster, 1994).

De acordo com Lara (2001) no ano de 1988, a Sanepar realizou uma consulta às suas áreas operacionais, definindo como temática prioritária de pesquisa, a questão da disposição final dos lodos de esgoto gerados nas estações de tratamento de esgotos região. Diante dessa demanda, iniciou-se consultas na literatura, buscando-se por experiências internacionais, com o intuito de subsidiar o desenvolvimento de propostas de pesquisa, alinhadas às especificidades da região, considerando todo o ciclo, desde a produção do lodo (Andreoli; Fernandes, 2001).

Lara (2001) argumenta que em 1990, deu-se início aos estudos para a designação das orientações quanto ao tratamento e destinação do lodo de esgoto gerado no Estado do Paraná, com a Cooperação Técnica Brasil/ França com apoio da Agência Brasileira de Cooperação- ABC. Desta forma, de acordo com estudos de Andreoli; Fernandes (2001), permitiu-se a troca de informações com especialistas franceses da área.

Com base nos resultados de caracterização dos lodos, verificou-se abundância de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e baixos teores de metais pesados, iniciando-se assim, as pesquisas direcionadas à reciclagem agrícola e o estruturamento de um programa de pesquisa específico para o tema na região (Lara, 2001).

A meta inicial do programa, consistia na busca por alternativas ambientalmente adequadas e economicamente viáveis, para disposição final do lodo. Desta forma, desenvolveu-se o primeiro projeto de pesquisa interinstitucional, com apoio do Governo do Estado do Paraná, Banco Interamericano de Desenvolvimento pelo Programa de Desenvolvimento Urbano- PEDU, que deram um novo direcionamento às pesquisas envolvidas no programa, em busca de parâmetros sanitários, agrônômicos, ambientais, econômicos e técnicos que tornasse viável a reciclagem agrícola do lodo em consonância com as condições socioambientais intrínsecas ao Paraná (Lara, 2001).

Neste sentido, Andreoli e Fernandes observam (2001) que preliminarmente vislumbrava-se a reciclagem agrícola, como uma alternativa em face da baixa contaminação do lodo com metais pesados, o interesse agrônômico como fonte de matéria orgânica para o solo refletindo positivamente, além da possibilidade de reciclagem agrícola, com tecnologias simples de custo acessível. Ressalta ainda, que esse projeto interdisciplinar, foi aprovado sob o âmbito do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico/ subprograma de Ciências Ambientais- PADCT/ CIAMB, sob Edital de nº 02/ 94 do Ministério da Ciência e Tecnologia conjuntamente com a Financiadora de Estudos e Projetos- FINEP, Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq e Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de Nível Superior – CAPES (Lara, 2001).

Entre os anos de 1994 e 1997, foram realizadas aplicações experimentais de lodo higienizado em solos de pequenas propriedades agrícolas, na Região Metropolitana de Curitiba, devido à proximidade da ETE Belém. Por conseguinte, configurou-se aumento na safra e maior aceitação do material por parte desses agricultores que fizeram sua utilização. Ressalta-se ainda, que na sequência se deu uma melhoria na implantação do projeto, com a mecanização do espalhamento do lodo, para otimização do tempo e minimização do contato do agricultor com o lodo (Bettega; Nascimento, 2001).

De acordo com pesquisa de Bittencourt *et al* (2010) no ano de 1998, fruto do Programa Interdisciplinar de Pesquisa, iniciou-se a escala piloto da utilização agrícola

de lodo na Região Metropolitana de Curitiba- RMC. Estas ações, ampliaram-se para o interior do Paraná a partir do ano de 2002, sob os critérios e procedimentos para a utilização agrícola de lodo de ETEs, segundo o Instituto Ambiental do Paraná - IAP, pela Instrução Técnica CEP/ DTA sob nº 001/2002 (Paraná, 2002).

Por conseguinte, no ano de 2006, com o advento da primeira Resolução sob o âmbito Federal, a CONAMA nº 375/2006, versou-se sobre a temática, estipulando-se assim, critérios e procedimentos para a utilização de lodos na agricultura, gerados por ETEs (Brasil, 2006).

Na sequência, aponta-se breves considerações legais sobre o saneamento brasileiro conforme segue.

2.5.4 Breves considerações legais sobre o saneamento brasileiro

Se faz imperioso frisar, que a Constituição Federal Brasileira de 1988, preceitua que todos possuem direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, sendo esse, de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida, que se impõe tanto ao Poder Público como à coletividade o dever de defender e preservar, quer para as gerações do presente, como para as que estão por vir (Brasil, 1988).

No ano de 2007, com o advento da Lei Federal sob nº 11.445/2007, a Política Nacional de Saneamento Básico - PNSB, estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico, que dentre suas atribuições e discussões, dispõe sobre a divisão entre entes federativos, quanto a responsabilidade de gestão. Esse plano, abrange o planejamento integrado do saneamento básico, em que se considera quatro componentes, o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a coleta de lixo e manejo de resíduos sólidos e a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, o qual detém como horizonte o período de vinte anos, contemplando o período do ano de 2014 a 2033.

Cumprido salientar, que em 2010 instituiu-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos- PNRS, pela Lei nº 12.305, que abarca as diretrizes e o incentivo para não geração, redução, reutilização, assim como o tratamento dos resíduos sólidos e a destinação adequada dos respectivos rejeitos, sendo esses compreendidos como resíduos sem possibilidade de reciclagem (Brasil, 2010).

Assinala-se ainda, que no ano de 2020, foi publicada a Lei nº 14.026, popularmente conhecida como Novo Marco Legal do Saneamento, que contempla a

atualização da Lei 11.445/ 2007, que dispõe sobre novas metas para a universalização do saneamento brasileiro (Brasil, 2020).

Além do mais, cumpre ressaltar que a Lei nº 14.026/2020, traz alterações quanto a legislação e normas complementares, que se vislumbra a possibilidade de uma maior atuação, por parte da iniciativa privada no setor. Observa-se ainda, na redação da Lei em questão, que se estipulou um prazo para a universalização dos serviços, para o ano 2033. Dessa forma, a previsão, contempla que 99% da população brasileira deve ter acesso à água potável e que 90%, deve ter acesso tanto ao tratamento, como à coleta de esgoto (Brasil, 2020).

Em síntese, observa-se que em que pese haja um robusto arcabouço legal alusivo à implantação de um saneamento adequado nas diferentes regiões brasileiras, ainda há muito por se fazer.

Sendo assim o atendimento à PNRS consiste em um desafio para que as companhias de saneamento efetuem o aproveitamento do lodo evitando os aterros sanitários, corroborando com a destinação agrícola do lodo.

A seguir, apresenta-se breves considerações legais alusivas ao uso agrícola do lodo no Paraná.

2.5.5 Breves considerações legais legais sobre o uso agrícola do lodo no Paraná

As normas legais são fundamentais para que o uso agrícola de lodo tenha segurança jurídica concernente tanto às questões ambientais como de saúde pública. Deste modo, cumpre destacar, a Resolução Federal do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA nº 498/ 2020, que estabelece as diretrizes concernentes aos critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos (Brasil, 2020).

No entanto, o Estado do Paraná, pauta-se na Resolução Estadual, SEMA nº 021/2009, que teve sua base na primeira Resolução Federal CONAMA que é do ano de 2006 (Brasil, 2006).

A Resolução Estadual, SEMA nº 021/2009, versa sobre licenciamento ambiental, que estabelece condições e padrões ambientais, dentre outras providências, para empreendimentos de saneamento (Paraná, 2009). Essa Resolução em seu Anexo 6, disciplina critérios para a uso do lodo na agricultura ,assim como estipula restrições quanto ao uso do lodo.

Todavia, essa Resolução paranaense é do ano de 2009, sendo bem mais restritiva que Resolução Federal CONAMA atual 498/ 2020 (Brasil, 2020). Além do mais, cumpre salientar que o Órgão Ambiental do Estado do Paraná Instituto Água e Terra – IAT, possui Câmara Técnica de resíduos, que é responsável pela análise dos processos de autorização ambiental, para destinação de resíduos para utilização na agricultura, no estado do Paraná, em atendimento à Portaria n° 399/2024 (Paraná, 2024).

Em que pese por um lado a Resolução Estadual SEMA021/ 2009 dê segurança jurídica por outro lado ela não se modernizou, criando desafios para a companhia de saneamento paranaense que poderia ampliar o programa atendendo mais agricultores e outros tipos de culturas agrícolas que a Resolução Estadual restringe e a Resolução Federal CONAMA 498/ 2020 permite.

Na sequência, se contextualiza-se sobre tratamento de esgoto e geração de lodo advindo deste tratamento.

Além do mais, cumpre salientar que o Órgão Ambiental do Estado do Paraná Instituto Água e Terra – IAT, possui Câmara Técnica de resíduos, que é responsável pela análise dos processos de autorização ambiental, para destinação de resíduos para utilização na agricultura, no estado do Paraná, em atendimento à Portaria n° 399/2024 (Paraná, 2024).

Em que pese por um lado a Resolução Estadual SEMA021/ 2009 dê segurança jurídica por outro lado ela não se modernizou, criando desafios para a companhia de saneamento paranaense que poderia ampliar o programa atendendo mais agricultores e outros tipos de culturas agrícolas que a Resolução Estadual restringe e a Resolução Federal CONAMA 498/ 2020 permite.

Na sequência, se contextualiza-se sobre tratamento de esgoto e geração de lodo advindo deste tratamento.

2.6 Tratamento de esgoto e geração de lodo

Com a expansão do saneamento básico, conseqüentemente melhora-se os processos de tratamento de esgoto em nosso país. Desta forma, reflete-se na maximização da geração de lodo de esgoto, o qual, consiste em um desafio a ser ultrapassado por parte das companhias de saneamento, que precisam dar uma destinação adequada para este tipo de material (Bittencourt; Aisse; Serrat, 2017).

Se usa o termo biossólido, ao refere-se ao lodo oriundo do processo de tratamento de esgoto, advindo da matéria orgânica estabilizada (Pedroza, 2019).

Em que pese a importância dos processos convencionais alusivos ao tratamento de esgotos domésticos, que se desempenha nas estações de tratamento de Esgoto-ETEs, concernentes à recuperação de efluentes, gera-se uma quantidade expressiva de resíduos, sendo o lodo um deles (Anício *et al.*, 2022).

Desta maneira, interessante se faz destacar que estes lodos de estação de tratamento de esgoto, partem da biomassa microbiana, que decanta durante o processo de tratamento do esgoto bruto, em que os microrganismos decompositores da matéria orgânica digerida do esgoto, acumulam-se no fundo dos tanques das estações de tratamento de esgoto. No entanto, esse material é rico em nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio, contendo vários micronutrientes, contudo, oferece risco à saúde humana se não for desinfetado de forma correta (Embrapa, 2018).

Assim, ao se realizar o tratamento do esgoto, gera-se o lodo, que consiste em um tipo de efluente, que requer padrões estipulados pelos órgãos ambientais, antes da sua destinação final (Costa *et al.*, 2018).

Contudo, a viabilidade econômica de estratégias, requer ações coordenadas, de governança nos territórios de bacias hidrográficas e de implementação de instrumentos de internalização concernentes aos custos ambientais, vinculados à ineficiência dos sistemas de esgotos (Anício *et al.*, 2022).

Neste sentido, destaca-se que se faz premente a avaliação atinente às alternativas de tratamento de lodo e sua respectiva disposição final. Pois, geralmente ela se torna crucial, pela presença de fatores de ordem, técnica, econômica, ambiental e legal. Todavia, por considerar-se uma operação crucial e cara, a disposição final do lodo, acaba por vezes negligenciada, quanto à concepção de projetos de sistemas de tratamento desses resíduos (Andreoli; Sperling; Fernandes, 2014).

De forma análoga, destaca-se que o gerenciamento e disposição de lodo, enseja-se custos que podem oscilar entre 20 e 60 % da operação (Sperling *et al.*, 2013). Dessa maneira, exemplificam-se algumas formas de disposição do lodo, comumente utilizadas sob o contexto global, como incineração, disposição em aterros e aplicação em solos (Collivignarelli *et al.*, 2019).

Percebe-se, assim, que a disposição do lodo consiste em um problema presente em muitas comunidades brasileiras, considerando-se sua reciclagem uma forma sustentável, para que se obtenham novos materiais (Hirata; Kniess; Quoniam, 2015).

De forma semelhante, os trabalhos de Moreira; Lobato e Passos (2022) entendem que o aproveitamento de subprodutos de estação de tratamento de esgoto, consiste em uma prática de sustentabilidade, que reflete benefícios. Contudo, se faz primordial que essa solução, dissemine-se para os atores envolvidos, quer sejam pertencentes ao setor de saneamento, abarcando desde titulares de serviços, até o público atendido.

Destaca-se ainda, a importância concernente às vantagens proporcionadas por essa prática, que além de beneficiar os atores contemplados, enseja a apropriação e a valoração de soluções, que podem contribuir com o meio ambiente e a universalização do esgotamento sanitário (Moreira; Lobato; Passos, 2022).

Salienta-se ainda, que com a melhora das condições dos solos, possibilita-se maior produtividade agrícola, além da minimização quanto aos custos de produção dos agricultores. Sendo que tais procedimentos, enquadram-se como uma maneira de destinação, que contribuem com o desenvolvimento sustentável (Knopik *et al*, 2018).

Analogamente, estudos de Bittencourt *et al.* (2009) ressaltam que o lodo colabora com a promoção do retorno de matéria orgânica e nutrientes para o solo, minimizando problemas de contaminação e degradação concernentes aos recursos hídricos.

Ademais, a reciclagem agrícola, consiste em um caminho propício em nosso país, tendo em vista o aspecto tropical do solo. Pois, seu uso, proporciona uma considerável reposição de matéria orgânica no solo, sendo, um aliado na fertilização (Ferreira; Andreoli, 1999).

Além do mais, a aplicação do lodo higienizado como fertilizante orgânico, consiste em uma maneira econômica de utilizar beneficentemente seu conteúdo, tendo em vista a presença de carbono e nutrientes, que auxiliam na manutenção e fertilidade do solo (Marchuk *et a.l.*, 2023).

Salienta-se ainda, que pela origem orgânica do lodo, ele detém robustas quantidades de nitrogênio e fósforo, que podem minimizar a necessidade do uso de outros tipos de fertilizantes, pela presença desses elementos (Rehman *et al.*, 2018).

A pesquisa de Zavelinski, Nascimento e Mendonça (2019) ressalta, que o uso desse fertilizante orgânico, consiste em uma considerável alternativa, aos defensivos químicos advindos da indústria, gerando economia para o agricultor. A pesquisa dos autores denota ainda, que uso do lodo, além de contribuir com o meio ambiente, gera maior produtividade nas culturas agrícolas, pelo potencial de nutrientes, além de evitar a destinação para aterros sanitários.

Assim, percebe-se que para a prosperidade do uso agrícola do lodo, requer um gerenciamento primoroso, atinente aos processos das operações de gerenciamento, assim como o diálogo entre a companhia geradora com os principais atores envolvidos, como os agricultores usuários do programa e o órgão ambiental.

Na próxima subseção, contempla-se as etapas que contemplam do gerenciamento de lodo.

2.7 Gerenciamento de lodo e uso agrícola

O gerenciamento de lodo, se constitui em uma robusta porcentagem, que pode contemplar entre vinte e sessenta por cento das despesas de ordem operacional de uma estação de tratamento de esgoto. Devendo para tanto, considerar a escolha do método e etapa de processamento deste material, como parte integrante da estação de tratamento de esgoto (Andreoli *et al.*, 2022).

Neste sentido, impende observar a pesquisa de Andreoli; Sperling e Fernandes (2014) que se considera o gerenciamento de lodo de esgoto advindo de estações de tratamento de esgotos, uma atividade complexa. Requerendo para tanto, inúmeros cuidados para o não comprometimento concernente aos benefícios ambientais e sanitários que se espera do sistema de saneamento.

Os autores ainda ressaltam, que tal prática fora reconhecida pela Agenda 21 abarcando a temática “Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com os esgotos”, em que tais orientações direcionam-se para redução de produção, ampliação de reutilização, reciclagem, assim como, atinentes ao incremento de depósitos e tratamentos ambientalmente saudáveis (Andreoli; Sperling; Fernandes, 2014).

Destaca-se ainda, que as etapas de gerenciamento do lodo, abrangem desde a geração, percorrendo o tratamento até sua respectiva disposição final. Assim, denota-se, que a destinação adequada consiste em um fator primordial para o sucesso

da gestão desse tipo de operação no setor de saneamento (Andreoli; Sperling; Fernandes, 2014).

De forma análoga a pesquisa de Rietow *et al.* (2023) considera que ETEs sustentáveis, se caracterizam pela capacidade de transformar o esgoto em recursos que geram valor agregado para a sociedade.

Desta forma, interessante se faz destacar, que o manejo do lodo, abrange diversas operações, como adensamento, desaguamento, estabilização, higienização e secagem, sendo que sua aplicabilidade se relaciona ao destino escolhido para a disposição do lodo (Andreoli; Fernandes, 1999).

Neste sentido, percebe-se que pelas ecoinovações, possibilita-se a consolidação de atividades, assim como a agregação de valor concernentes aos produtos e serviços em que encontram-se inseridos, podendo consistir em um diferencial no setor de saneamento, além de corroborar de forma significativa com as práticas de tratamento nas estações de tratamento de esgoto, de maneira sustentável ao se utilizar de novos processos, tecnologias e produtos direcionados para a mitigação quanto aos impactos ambientais.

Para tanto, no próximo tópico se contextualizará como se dá o gerenciamento de lodo em estações de tratamento contemplando distintas etapas, assim como a utilização agrícola do lodo no Estado do Paraná.

2.8 Gerenciamento de lodo e utilização agrícola no Estado do Paraná

Com a ampliação atinente aos índices de coleta e tratamento do esgoto sanitário no Brasil, assim como a crescente demanda tanto pela sociedade como pelos órgãos ambientais, em face dos aprimoramentos no tratamento de efluentes, aliam-se à necessidade de maior eficiência, na remoção da carga orgânica presente no esgoto e dessa forma contribuem com a maximização na produção resíduos nas ETEs, principalmente o lodo de esgoto (Knopik *et al.*, 2018).

Oportuno se torna dizer, que a utilização de lodo na agricultura consiste em uma destinação ambientalmente sustentável, haja vista a possibilidade da promoção da reciclagem de nutrientes, beneficia o cultivo de plantas, as características físico-químicas e biológicas do solo. Consiste em uma alternativa consolidada globalmente e no Brasil é desenvolvida em poucos estados, sendo o Paraná um dos estados em que

o lodo de esgoto tem a agricultura como destinação final prioritária (Bittencourt; Aisse; Serrat, 2017).

O lodo, tem robustas quantidades de matéria orgânica e nutrientes, que potencializam seu uso agrícola. Todavia, fazem-se necessárias várias etapas alusivas à operacionalização do lodo (Andreoli; Sperling; Fernandes, 2014).

Salienta-se, que o gerenciamento de lodo contempla distintas etapas em que uma Unidade Gerenciadora de Lodo (UGL) deve cumprir. Para tanto, se faz imperioso demonstrar as etapas do Programa de Destinação Agrícola do Lodo, no estado do Paraná conforme o quadro que segue.

Quadro 4- Síntese das etapas de gerenciamento de lodo no âmbito da UGL

Unidade de gerenciamento de lodo	
Descarte de lodo bruto dos reatores	Manter a eficiência do tratamento de esgoto. É necessário mensurar cada descarte de lodo realizado nas ETEs que compõem a UGL, para o monitoramento da produção de lodo da UGL.
Desaguamento de lodo	Reduzir o volume do lodo de esgoto, para a dimensionar o volume do lote de lodo e a quantidade de cal necessária para higienização.
Formação de lotes	Controlar a quantidade e origem do lodo com identificação do lote. A formação do lote de lodo de esgoto da UGL, envolve o transporte do lodo desaguado das ETEs até a UGL e o transbordo de lodo nos limites da UGL.
Higienização	Higienizar o lodo, conforme Plano de Gerenciamento da UGL, em atendimento aos requisitos e limites de qualidade da Resolução SEMA nº 021/09.
Caracterização do lote de lodo de esgoto	Atender as determinações da Resolução SEMA nº 021/09 quanto à amostragem de lodo.
Liberação do lote	Verificar os lotes higienizados, em atendimento aos critérios estabelecidos pela legislação, sendo os resultados das análises laboratoriais registrados em planilha de controle (rastreadabilidade).
Transporte do lodo na área de aplicação	Transportar o lodo até a área agrícola para aplicação. Condicionando-se à solicitação prévia de autorização ambiental junto ao IAT, para o transporte e disposição final do lote de lodo.

Fonte: Adaptado de Bittencourt, Aisse e Serrat (2017, p. 1133)

Nas áreas de operações de esgoto da Companhia de Saneamento do Paraná, há cinco gerencias gerais, que se dividem em Metropolitana de Curitiba, Nordeste, Sudeste, Sudoeste e Noroeste, tendo cada uma dessas, um engenheiro agrônomo responsável, desde o ano de 2017, que atende aos produtores rurais, usuários do programa do lodo da companhia paranaense. As atribuições desses profissionais, são fundamentais, tanto na gestão e gerenciamento do lodo, como no levantamento de áreas aptas, assim como no desenvolvimento de projetos agrônômicos e monitoramento dos solos em que se realiza a aplicação agrícola do lodo (Sanepar, 2022; Knopik *et al.*, 2018).

Todo o lodo destinado para a agricultura paranaense, recebe o tratamento em uma Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL), de acordo com o disposto na Resolução da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos SEMA 021/09, que versa sobre as normas de uso agrícola, sob a esfera Estadual (Paraná, 2009).

A Resolução SEMA 021/09, estipula, que antes da destinação agrícola, o lodo passe por uma UGL, que tem que ser um empreendimento próprio. O Órgão Ambiental, Instituto Água e Terra- IAT, é responsável pela concessão do licenciamento ambiental das UGLs. As UGLs, manejam lodos de sua estação de tratamento (ETE) e podem receber lodos de outras ETEs (Paraná, 2009).

Seguindo do processo de desaguamento nas ETEs, forma-se de quantidades significativas de lodos, que são transportados, por caminhões, até uma UGL em que se realiza a higienização, cura e estocagem em área de armazenamento específica.

Após, a fase desaguamento do lodo, contempla a remoção da umidade e a redução de volume do desse. Salienta-se, que as bolsas geotêxtis, também chamadas *geobags*, podem ser utilizados como alternativa de desaguamento mecânico do lodo, ou mesmo como complemento esse processo. Nesse sentido, estudos de Bordonalli e Mendes (2009) argumentam que o uso de bolsas geotêxtis, para desaguamento de lodo, consiste em uma alternativa operacional que pode substituir os leitos de secagem.

Nesse sentido, a Sanepar implementou o uso de bolsas geotêxtis, que consiste em uma prática consolidada na companhia, utilizada em várias localidades da empresa para o desague do lodo, sendo esse processo usado para dragagem das lagoas como alternativa semelhante ao desague mecanizado, que separar sólidos dos líquidos (Bordonalli; Mendes, 2009).

No que atine à higienização do lodo, nas UGLs da Sanepar, ela é feita por com a adição da cal, perpassando por um período chamado de maturação ou cura. Nesse sentido, estudos de Knopik *et al* (2018) enfatizam que a higienização do lodo ocorre pelo processo de estabilização alcalina prolongada (EAP), com adição da cal, na proporção que variam entre 30 e 50%, em relação aos sólidos totais (ST) do lodo bruto.

Após a devida higienização, contempla-se etapa de cura do lodo que leva entre 30 e 60 dias. Após, são colhidas as amostras dos lotes de lodos higienizados, sendo esses, submetidos à caracterização laboratorial, para autorização do Instituto Água e Terra (IAT) e para posterior destinação para a agricultura (Paraná, 2009).

Esses lotes, referem-se à quantidade desse material, gerado por uma UGL, em um período que abrange duas amostragens subsequentes, caracterizadas química e micro biologicamente, para que posteriormente, seja utilizado esse lote de lodo de esgoto, em áreas agrícolas, com elaboração de projeto agrônômico, em consonância com os critérios e procedimentos da Resolução Estadual (Paraná, 2009).

Após o processo de higienização são formados lotes de lodos e coletadas amostras para caracterização do lodo em laboratório. Estas análises laboratoriais, são realizadas em laboratório da própria Sanepar, para maior celeridade e minimização de custos. Os laudos laboratoriais emitidos após análise são enviados para o órgão Ambiental no âmbito Estadual, o Instituto Água e Terra- IAT, que é responsável pela autorização ambiental e somente após é liberado o lodo para o carregamento até as áreas agrícolas. Esta etapa, consiste em uma disposição não apenas adequada, mas considerada sustentável, em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos -PNRS. Uma vez que o uso do lodo de esgoto no solo, se alinha com os princípios de reciclagem de resíduos (Brasil, 2010).

No âmbito da agricultura, o Programa de Destinação Agrícola do Lodo, paranaense também contempla diversas etapas, conforme o quadro síntese que segue.

Quadro 5- Síntese das etapas do programa de lodo no âmbito da agricultura.

Unidade de gerenciamento de lodo	
Cadastro de produtores rurais	Realização de cadastramento de produtores rurais de interessados em receber lodo.
Levantamento de aptidão de áreas agrícolas/ coleta de solos par análise laboratorial	Verificação de áreas aptas para aplicação do lodo conforme critérios presentes na legislação/ se precisa corrigir a acidez por exemplo.
Realização de projeto agrônômico prévio/ levantamento de aptidão do solo	Determinação da quantidade de lodo a ser aplicado com base nas características do lodo, do solo e dos cultivos agrícolas.
Obtenção de termo de ciência do agricultor (proprietário e/ou arrendador)	O termo de ciência, consiste no documento prévio ao projeto agrônômico, evitar erro de estimativa alusivo a quantidade de lodo no lote. Pois este fator pode gerar uma diferença na quantidade de área em que o material será aplicado. Contém as exigências legais, os cuidados a serem tomados e a quantidade de lodo.
Entrega do lodo na área agrícola/ em Curitiba tem contrato para aplicação do lodo	O agricultor precisa aplicar o lodo em área agrícola em um período máximo de 15 dias após o descarregamento.
Projeto agrônômico definitivo	Finalizado o projeto agrônômico definitivo, com base no projeto agrônômico prévio e na quantidade de lodo aplicada na área agrícola.
Entrega do projeto agrônômico	Entrega das três vias do projeto agrônômico, devidamente assinadas pelo responsável pela UGL, pelo agrônomo e pelo agricultor. As cópias dos projetos agrônômicos são entregues ao IAT na solicitação de autorização anual para o próximo lote de lodo. Os dados dos projetos são utilizados para os relatórios enviados ao IAT.
Monitoramento do solo	Também são coletadas amostras de solo depois do lodo aplicado.

Fonte: Adaptado de Bittencourt, Aisse e Serrat (2017, p. 1134)

No âmbito da agricultura, o Programa de Destinação Agrícola do Lodo, paranaense também contempla diversas etapas, conforme o quadro síntese que segue.

A Resolução Estadual SEMA 021/09, abarca os padrões ambientais e diretrizes concernentes ao manejo e disposição desses lodos, em que se destaca por exemplo,

os critérios de aplicação e tipos de áreas agrícolas em que esse pode ser aplicado (Paraná, 2009).

Cumprе ressaltar ainda, que após o agricultor receber o lodo em sua propriedade, é enviado um relatório de rastreabilidade para o IAT, alusivos aos lotes enviados para os produtores agrícolas. Esse relatório, consiste em um documento, que contempla dados, que se possibilita efetuar a relação da origem, qualidade dos lotes de lodo usados, tipos de culturas aplicadas e destino. Pois dessa forma, objetiva-se assegurar a conformidades, se precavendo de eventuais problemas que possam surgir para a saúde humana, animal ou ambiental (Paraná, 2009).

Após a apresentação do referencial teórico, a próxima seção apresenta os procedimentos metodológicos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nessa seção, apresenta-se os aspectos concernentes ao direcionamento metodológico, para atingir o objetivo proposto designados neste trabalho, além da busca, pela contribuição teórica e empírica na construção do conhecimento, atinentes àecoinovação, orientados pela desenvoltura metodológica proposta a seguir.

3.1 Pergunta norteadora de pesquisa

Antes de adentrar nas discussões atinentes aos procedimentos metodológicos deste trabalho, se faz imperioso retomar a questão direcionadora desta dissertação, que tem como premissa responder a seguinte pergunta norteadora: como se desenvolvem os processos ecoinovativos em um programa de destinação agrícola de lodo de esgoto no setor de saneamento do estado do Paraná?

Para tanto, a seguir apresenta-se o delineamento da pesquisa, que direciona essa dissertação.

3.2 Delineamento da pesquisa

Nesta etapa, apresenta-se a estrutura para a desenvoltura desta pesquisa, alinhando-se com a teoria e conceitos adotados pela pesquisadora. Desta maneira, concebe-se o elo entre a ecoinovação e o programa de destinação agrícola de lodo de esgotos em estudo.

Para tanto, a abordagem qualitativa demonstra-se mais aderente, para a obtenção de dados, que podem advir de pessoas, seres vivos, comunidades, contextos, dentre outras situações, como as próprias formas de expressão de cada um desses (Sampieri; Collado; Lucio, 2013).

Assim, Sampieri, Collado e Lucio (2013) compreendem que o enfoque qualitativo, indica-se mais adequado para a análise e descrição do objeto em estudo, haja vista, que os dados coletados não se submetem à análise estatística, para a constituição e aprimoramento das perguntas de pesquisa, concernentes ao processo de interpretação (Sampieri; Collado; Lucio, 2013). Desse modo, o alcance desse trabalho, possui natureza descritiva, utilizando como método o estudo de caso.

Nesse sentido, Yin (2015) considera que o estudo de caso descritivo, consiste em

uma investigação empírica, que investiga fenômenos contemporâneos sob seu contexto real. O autor argumenta ainda, que o estudo de caso, corrobora de maneira ímpar, para a compreensão atinente aos fenômenos quer sejam esses, individuais, organizacionais ou políticos (Yin 2015).

Diante disso, o estudo de caso, alinhou-se às perspectivas deste estudo, que se relacionam com fenômenos atuais, como os concernentes àsecoinovações do programa paranaense de destinação agrícola de lodo de esgoto, investigado pela pesquisadora.

Para tanto, optou-se por um estudo de caso singular, em que se descreve o programa em estudo, segundo as lentes daecoinovação. Procurou-se apresentar a conexão entre as perspectivas do cenário, em que o caso se insere, assim como seus reflexos, sob as dimensões econômicas, sociais e ambientais, para os principais atores envolvidos no programa pesquisado.

No que concerne à dimensão temporal, essa pesquisa detém uma perspectiva transversal, com a coleta de dados em um só momento (Sampieri; Collado; Lucio, 2013).

Assim, utilizou-se como instrumento de coleta de dados, entrevistas semiestruturadas, análise documental e observação não participante, em que se utilizou um diário de Campo, para o respectivo registro de descrições e reflexões (Sampieri; Collado; Lucio, 2013).

3.3 O Caso do Programa de Destinação Agrícola de Lodo de Esgoto

O caso pesquisado, versa sobre o Programa de Destinação Agrícola do Lodo da Companhia de Saneamento do Paraná- Sanepar, sendo um estudo de caso único, que se caracteriza pelas peculiaridades de um programa sob o âmbito daecoinovação, que foi desenvolvido e encontra-se implementado em escala operacional (Yin, 2015).

O programa em estudo, é proveniente de distintas pesquisas, e construiu um robusto cabedal de conhecimento, no Brasil e no Paraná, desde os anos 80. Ele respaldou-se em cooperações técnicas e científicas e encontra consolidado, com produção em escala (Andreoli; Lara; Fernandes, 2001).

Nesse sentido, vale lembrar, que na década de 80, no contexto global, brasileiro e paranaense, necessitava-se além da captação, distribuição de água, coleta e

tratamento de esgoto à população. Dessa forma, configurou-se como fundamental, o bem-estar coletivo, saúde e higiene, havendo alterações por parte da Sanepar (Schuster, 1994).

Diante disso, a partir de julho de 1980, criou-se a Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento, delineando-se de ações, que vislumbravam esforços para o desenvolvimento de inovações tecnológicas. Dessa forma, buscou-se soluções, para a maximização do atendimento aos usuários, proporcionando redução de custos de operações e desenvolvimento (Schuster, 1994).

O Programa Interdisciplinar de Pesquisas em Reciclagem de Lodo de Esgoto, iniciado no Paraná nos anos 80, foi responsável para a base científica e política da implantação do maior programa de uso agrícola de lodo de esgoto do Brasil (Andreoli; Lara; Fernandes, 2001).

As pesquisas, contribuíram para a elaboração da Instrução Técnica do órgão ambiental do Estado em 2002, que disciplinou os critérios para a utilização agrícola de lodo de no estado, antes do advento da primeira Resolução Federal sobre o tema (Lara, 2001).

De acordo com o Relato Integrado do ano de 2023 da Sanepar, a companhia desenvolveu o programa do lodo, tendo como alicerce o arcabouço científico adquirido pelas pesquisas interinstitucionais no Brasil e no exterior desde a década de 1990. Salienta-se que a companhia destinou mais de 60 mil toneladas de lodo higienizado para os produtores agrícolas, para o uso em distintas culturas (Sanepar, 2024a).

A Sanepar completou seis décadas no ano de 2003. De acordo com o Relatório da Administração e Demonstrações Contábeis (2023). Ela possui 6.121 funcionários, 168 estações de tratamento de água- ETAs e 265 estações de tratamento de esgoto (ETEs), com índice de 100% de abastecimento de rede de água e 80,2% de cobertura de coleta de esgoto, sendo 100% desse, tratado (Sanepar, 2023).

Com a ampliação da demanda da sociedade, por melhores condições atinentes ao meio ambiente, se faz necessária tanto por parte das empresas públicas, como pelas privadas, a estipulação de políticas ambientais mais avançadas, que geralmente iniciam-se com o tratamento dos efluentes. Sendo que esse tratamento, gera um resíduo sólido, de acordo com o tipo de esgoto e sistema de tratamento adotado, denominado lodo de esgoto (Ferreira; Andreoli 1999).

A Sanepar, consiste em uma empresa de economia mista, com competência

estadual, que atende 344 municípios no Paraná e um em Santa Catarina. Ainda, cumpre destacar, segundo seu Relatório da Administração e Demonstrações Contábeis de 2023, que a instituição trabalha, há vinte e cinco anos com o sistema anaeróbio de tratamento de esgoto, em que gera o lodo e higieniza-se com a cal, para a produção de adubo, para posterior distribuição para os agricultores cadastrados no Programa de Destinação Agrícola do Lodo de Esgoto (Sanepar, 2023).

O Relatório da Administração e Demonstrações Contábeis (2023) salienta ainda, que no ano de 2023, foram destinados e utilizados na agricultura 24.207 toneladas de lodos higienizados, gerados partindo-se do tratamento do esgoto de 28 unidades de gerenciamento de lodo (UGLs) das estações da companhia (Sanepar, 2023).

O lodo de esgoto, também chamado de biossólido, é fornecido pela Sanepar sem custos para os produtores rurais aderentes do Programa de Destinação Agrícola do Lodo de Esgoto. Desta forma, no ano de 2023, o programa, beneficiou 144 agricultores, em 57 municípios paranaenses, promovendo a correção de solo, com aporte de nutrientes e matéria orgânica, em mais de 2.845 hectares, abrangendo o plantio de distintas culturas, tais como, soja, milho, café, trigo, entre outras (Sanepar, 2023).

Com a reciclagem agrícola do lodo, contempla-se, a realização da disposição final adequada, sob os aspectos sanitário, ambiental e social (Bittencourt *et al*, 2009). Assinala-se, que o aproveitamento do lodo gerado, a partir do tratamento de esgoto da Sanepar, tem sido uma alternativa muito considerável, inclusive o Programa paranaense em epígrafe, foi considerado uma prática sustentável exemplar, sob o contexto global, sendo recomendado no ano de 2016 pelo *United Nations Environment Programme*, que consiste em um programa das Nações Unidas, para proteção ambiental e promoção do desenvolvimento sustentável (UNEP, 2016).

Acentua-se que o Instituto Trata Brasil, em parceria com o Centro de Estudos de Infraestrutura e Soluções Ambientais da Fundação Getúlio Vargas, elencou a Sanepar no ano de 2022, como destaque no saneamento brasileiro, pela boa prática de gestão, voltada para a reutilização do lodo de esgoto. Sendo essa premiação, contemplada na categoria de Inovação & Tecnologia, que, pela primeira vez, reconheceu empresas de saneamento que corroboram para o desenvolvimento do Brasil (AEN, 2022).

Segundo a Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento, a Sanepar foi contemplada na data de 16 de abril de 2024, na cidade de Londres na

Inglaterra, com o Prêmio Campeões do ODS 6, promovido pela *Global Water Intelligence* e *Global Water Leaders*. Sendo essa, a primeira premiação recebida pela companhia, em que se reconhece o comprometimento com o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6) da ONU, concernente à disponibilidade e gestão sustentável da água potável e saneamento para todos (AESBE, 2024).

Essa premiação foi divulgada durante a cerimônia dos *Global Water Awards* 2024, realizada durante o *Global Water Summit* 2024, principal evento corporativo do setor de água e esgoto mundial (AESBE, 2024).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), divulga as informações sobre o saneamento brasileiro, abarcando um panorama do setor, que permite o acesso à indicadores de forma interativa. Dessa forma, cumpre destacar que dentre os 20 melhores municípios do ranqueados no ano de 2023, nove são do estado de São Paulo, cinco são do Paraná, sendo todos atendidos pela Sanepar, dois de Minas Gerais, dois de Goiás, um do Rio de Janeiro e um do Mato Grosso do Sul (SNIS, 2022).

Dentre os cinco municípios paranaenses ranqueados e atendidos pela Sanepar, Maringá ficou em primeiro lugar, Cascavel em nono, Ponta Grossa em décimo, Foz do Iguaçu em décimo terceiro e Londrina em décimo quarto. Ressalta-se ainda, que nessa edição do Ranking do Saneamento, a cidade de Maringá, destacou-se com nota máxima, em todas as dimensões analisadas (SNIS, 2022).

Dessa forma, a escolha do caso em questão, considerou que as ações ecoinovativas do programa em estudo, que se alinham tanto com os interesses, de ordem econômica, ambiental e social, observando assim, a satisfação de interesses da coletividade, pois a água e saneamento, são primordiais para a saúde pública.

3.4 Instrumentos de coleta de dados

Na etapa de coleta de dados, utilizou-se como instrumentos, os dados, advindos de fontes primárias, que são obtidos de forma direta, como entrevistas e observações realizadas pela pesquisadora. Assim como o uso de dados secundários, coletados indiretamente, em consonância com o entendimento de Yin (2015) que considera que as evidências para realização de um estudo de caso, podem se dar por diferentes origens, como documentos, registros em arquivo, observações, entrevistas, entre outros, como suporte à pesquisa. Para tanto, seguem os instrumentos utilizados na coleta de dados desta dissertação.

Quadro 6- Instrumentos de coleta de dados

Coleta de dados
Pesquisa Documental
Entrevistas
Observações

Fonte: Autoria própria (2024).

3.4.1 Pesquisa documental

A pesquisa documental, se configura como um valioso instrumento de busca de dados qualitativos, por vislumbrar a compreensão do fenômeno central de estudo. Assim, permite-se uma ambientação por parte do pesquisador, alinhando experiências, vivências, entre outras situações, que corroboram com a compreensão do objeto de análise (Sampieri; Collado; Lucio, 2013).

Para tanto, buscou-se documentos públicos nos sites institucionais dos principais atores do programa tanto do Órgão Ambiental do Estado do Paraná, Instituto Água e Terra- IAT como da Companhia de Saneamento do Paraná- Sanepar.

No que se refere aos documentos públicos pesquisados, eles foram coletados no site institucional da Sanepar no mês de abril de 2024. Para tanto, utilizou-se os Relatório de Materialidade (2023) e Relatório da Administração (2023) (Doc. 02; Doc. 03) para verificar informações sobre o Programa de Destinação Agrícola de Lodo (Doc. 01; Doc. 03) como cooperações ecoinovativas realizadas (Doc. 03).

Além do mais, verificou-se reportagens veiculadas nas mídias no período de novembro de 2022 até novembro de 2024, concernentes às principais premiações recebidas pela Sanepar e pelo programa. Para tanto cita-se a publicação no site da AESB (2024) (Doc. 06), como premiações recebidas pela companhia de saneamento idealizadora do programa pesquisado no site do jornal AEN (2022) (Doc. 05). Cumpre destacar a Instrução Técnica Estadual IAP CEP/ DTA sob nº 001/2002 (Doc. 07) que foi precursora das Resoluções posteriores, no âmbito Estadual SEMA 021/ 2009 (Doc 09) e Federal CONAMA 375/ 2006 (Doc. 08)

Desta forma, visualizou-se informações concernentes aos principais atores do programa em estudo, Leis e Resoluções, sob a esfera Federal e Estadual, alusivas ao saneamento, reciclagem, disposição ambiental de resíduos, critérios para produção e aplicação de lodo de esgoto em solos agrícolas (Doc. 08; Doc. 09; Doc. 10; Doc.11; Doc. 12; Doc. 13 e Doc. 14).

Desta forma, visualizou-se informações concernentes aos principais atores do programa em estudo, Leis e Resoluções, sob a esfera Federal e Estadual, alusivas ao saneamento, reciclagem, disposição ambiental de resíduos, critérios para produção e aplicação de lodo de esgoto em solos agrícolas.

Também se destaca a matéria veiculada no Jornal AEN (2024) que versa sobre a cooperação firmada com a Sanepar e o Japão, para o desenvolvimento deecoinovações para utilização do lodo também na agricultura, que iniciou como um projeto piloto e que partiu para a fase de avaliação quanto a viabilidade econômica (Doc. 03).

Deste modo, percebe-se que análise documental corroborou com a obtenção de informações, proporcionando um melhor um direcionamento quer na condução das entrevistas aplicadas aos respondentes, assim como na sessão de resultados desta dissertação.

Para tanto, a pesquisadora catalogou os documentos ora pesquisados, de acordo com a tipo, data, fonte emissora e autor, conforme disposto no Apêndice I deste trabalho.

3.4.2 Observação não participante

Utilizou também como fonte primária, a observação não participante, que proporciona que cada parte observada agregue ao contexto. Dessa maneira, possibilitou à pesquisadora a interpretação dos ambientes observados, para corroborar com o levantamento das evidências (Sampieri; Collado; Lucio, 2013).

Dessa forma, a observação não participante, corroborou com objetivo da pesquisa, tendo em vista que foram verificadas distintas práticas ecoinovativas, desenvolvidas no programa, conforme o roteiro de observações contido no apêndice desta dissertação.

Para tanto, realizaram observações, em duas visitas técnicas, sendo uma visita realizada em uma Unidade Gerenciadora de Lodo da Sanepar, a UGL Padilha Sul e outra no Laboratório Central da Sanepar, que faz as análises de lodo e de solos em Curitiba.

Nestas visitas observaram-se as atividades desenvolvidas, a estrutura física e o comportamento dos colaboradores. Deste modo, considera-se que os dados oriundos advindos das observações serviram como fonte de informações para compreender a

os tipos deecoinovações do programa pesquisado.

A primeira visita técnica efetuada pela pesquisadora, realizou-se na Planta Unidade Gerenciadora de Lodo Padilha Sul, que se localiza em Curitiba. Desta forma, foi possível observar e compreender melhor algumas das etapas operacionais concernentes ao gerenciamento do lodo no âmbito da UGL, que antecedem a destinação agrícola de lodo, tais como desaguamento, higienização pela caleação, como se dá a formação de lotes de lodo para cura, a coleta de amostras e estocagem do lodo antes de ser destinado para os produtores rurais.

Na primeira visita, um técnico da UGL, guiou, demonstrando como se dá a gestão do lodo na UGL, com os protocolos a serem seguidos, etapas operacionais. Foi muito rico o contato com o campo, proporcionando a verificação de várias rotinas vivenciadas, avanços, dificuldades, assim como oportunidades futuras concernentes a modernização da estrutura física e teológica do programa do lodo.

Também se realizou uma visita técnica junto ao Laboratório Central da Sanepar de Curitiba, que faz as análises de lodo para o Paraná todo, assim como as analyses de solos para a os engenheiros que atendem aos produtores rurais. Um gestor acompanhou a pesquisadora, demonstrando a infraestrutura dos três andares de um moderno laboratório que realiza as análises de lodo. Observou-se um pouco da rotina operacional, além da descrição das etapas que contemplam o protocolo de solicitação de análise de solos e do lodo, por parte dos engenheiros agrônomos que integram o programa do lodo.

Para tanto, segue o quadro com a relação das observações, com o local data tempo realizadas nas visitas realizadas pela pesquisadora.

Quadro 7- Relação de observações realizadas

Local	Data	Tempo	Descrição
Planta da Unidade Gerenciadora de Lodo Padilha Sul em Curitiba	07/06/2024	3 horas	<ul style="list-style-type: none"> - Etapas operacionais do gerenciamento do lodo - Infraestrutura; - Desaguamento - Higienização; - Cura; - Armazenamento; - Rotina da UGL; - Rastreabilidade lodo/Protocolos da destinação agrícola do lodo - Avanços - Desafios do programa
Laboratório Central Curitiba-GACG	01/08/2024	2 horas	<ul style="list-style-type: none"> - Infraestrutura do laboratório (avanços a partir de 2015); -Etapas operacionais para a emissão de laudos de análise do lodo de esgoto e análises de solo.
			- Protocolos
Total		5 horas	

Fonte: Autoria própria (2024).

3.4.3 Entrevistas

Também como fonte primária, aplicou-se entrevistas semiestruturadas, que consistem em um uma salutar fonte de evidência perante a realidade dos entrevistados (Yin 2015).

Dessa forma, a pesquisa em epígrafe, traz como respondentes das entrevistas, os atores chave, que se relacionam com Programa de Destinação Agrícola de Lodo, do Estado do Paraná. Sendo esses, dois funcionários o órgão ambiental do Estado do

Paraná, Instituto Água e Terra (IAT), doze funcionários da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) responsável pelo Programa e sete produtores rurais que usam o lodo em suas propriedades agrícolas. Totalizando vinte e um entrevistados, sendo 4 mulheres e 17 homens, com experiência profissional entre 5 e 30 anos.

Quadro 8- Relação dos principais atores do programa

Atores participantes da das entrevistas	Caracterização dos atores participantes
Funcionários do IAT- Instituto Água e Terra	Órgão Ambiental sob âmbito Estadual
Funcionários da Sanepar	CIA de Saneamento responsável pelo programa
Produtores Rurais	Usuários do Programa

Fonte: Autoria própria (2024).

Quanto a seleção dos respondentes do Instituto Água e Terra- IAT, entrevistou- se dois integrantes da Câmara Técnica de resíduos, que são responsáveis pela análise dos processos de autorização ambiental na destinação de resíduos para uso agrícola, no estado do Paraná, em consonância com o disposto na Portaria n° 399 de 2024, que revogou a Portaria IAT n° 284, de 22 de agosto de 2022 (Paraná, 2024).

O contato com os respondentes do IAT, foi primeiramente feito por telefone e depois enviado convite para participação, conforme o apêndice H deste trabalho.

Quanto aos participantes da Sanepar, a pesquisadora submeteu solicitação junto à ouvidoria da organização, via portal, sendo informada que por normativas da companhia, o pedido deveria ser formalizado por ofício ou carta em papel timbrado da Instituição de Ensino que a pesquisadora se encontra vinculada. Essa solicitação, deveria conter informações detalhadas, concernentes ao projeto de pesquisa, finalidade de uso dos dados solicitados, devendo ainda, ser anexada cópia do projeto de pesquisa e formulário preenchido e assinado eletronicamente pela pesquisadora, orientador e coordenador do PPGA.

Após enviado os documentos e com a respectiva aprovação por parte da ouvidoria da Companhia de Saneamento responsável pelo Programa pesquisado, foram fornecidos os contatos dos respondentes. Na sequência, a pesquisadora enviou o convite por e-mail, para a participação nas entrevistas, conforme o apêndice I.

Cumprir destacar, que os entrevistados da companhia, contemplam funcionários e ex-funcionários, que atuam ou atuaram no Programa de Destinação Agrícola de Lodo objeto de estudo, de forma direta ou indireta. As entrevistas abrangeram diferentes

níveis hierárquicos, contemplando cargos de direção, gestão e técnicos, que laboram no Estado do Paraná, nos setores de Meio Ambiente e Ação Social, Pesquisa e Desenvolvimento, Unidades Gerenciadoras de Lodo.

Quanto aos usuários do lodo na agricultura, os sujeitos entrevistados, consistem em sete produtores rurais, atendidos nas cinco gerencias gerais de operações de esgoto da Sanepar, alocadas no Estado do Paraná, sendo essas, metropolitana de Curitiba, Nordeste, Sudeste, Sudoeste e Noroeste. Os respondentes, foram recomendados pelos Engenheiros Agrônomos, que desenvolvem o atendimento agrônômicos para esses agricultores do programa, sendo o contato foi feito por telefone.

As vinte e uma (21) entrevistas, foram realizadas entre os meses de março e julho de 2024, os roteiros utilizados encontram-se nos apêndices A, B e C.

Quanto ao local e horário das entrevistas, se deu conforme a disponibilidade e preferência dos respondentes ou por meio virtual (*Google Meet, Whatsapp Vídeo*), pois a pesquisa contemplou respondentes alocados não apenas na Região Metropolitana de Curitiba, abrangendo distintas regiões do Estado do Paraná Nordeste, Sudeste, Sudoeste e Noroeste. Dessa forma, dez entrevistas se deram na modalidade virtual e onze presenciais.

Todas as entrevistas realizadas, foram gravadas, com autorização prévia dos participantes, conforme termo de anuência e de confidencialidade no apêndice F e posteriormente transcritas pela pesquisadora.

Com o intuito de preservar o sigilo da identidade dos respondentes, foi atribuído um código a cada um dos participantes. Na tabela a seguir, apresenta-se a relação das entrevistas realizadas com a data e tempo de duração.

Quadro 9- Relação dos respondentes das entrevistas

Atores	Código	Tempo	Data
Sanepar	CIA- 01	61 minutos	21/03/24
Sanepar	CIA - 02	22 minutos	15/05/24
Sanepar	CIA - 03	62 minutos	04/06/24
Sanepar	CIA - 04	55 minutos	04/06/24
Sanepar	CIA - 05	31 minutos	05/06/24
Sanepar	CIA - 06	36 minutos	06/06/24

Sanepar	CIA - 07	55 minutos	06/06/24
Sanepar	CIA - 08	26 minutos	07/06/24
Sanepar	CIA - 09	63 minutos	12/06/24
Sanepar	CIA - 10	26 minutos	13/06/24
Sanepar	CIA - 11	59 minutos	24/06/24
Sanepar	CIA - 12	103 minutos	18/06/24
Produtor rural	PR- 01	11 minutos	08/05/24
Produtor rural	PR - 02	13 minutos	10/05/24
Produtor rural	PR - 03	26 minutos	12/06/24
Produtor rural	PR - 04	20 minutos	17/06/24
Produtor rural	PR - 05	27 minutos	21/06/24
Produtor rural	PR - 06	17 minutos	21/06/24
Produtor rural	PR - 07	25 minutos	21/06/24
IAT	IAT - 01	13 minutos	13/05/24
IAT	IAT - 02	28 minutos	23/07/24

Fonte: Autoria própria (2024)

3.5 Síntese metodológica

O quadro a seguir, traz a síntese metodológica da pesquisa, assim como o resumo concernente às classificações escolhidas pela pesquisadora.

Quadro 10- Síntese e classificação metodológica da pesquisa.

Aspectos metodológicos	Classificações
Título da Pesquisa	Oportunidades não enterradas: inovações em um programa de destinação agrícola de lodo de esgoto com produção em escala sob as lentes daecoinovação.
Pergunta de Pesquisa	Quais as percepções dos principais atores sobre um programa de lodo de esgoto e seu o potencial uso na agricultura a partir da ecoinovação?
Objetivo geral	Identificar as percepções dos principais atores sobre um programa de lodo de esgoto e seu o potencial uso na agricultura a partir da ecoinovação.
Objetivos específicos	a) Caracterizar os principais atores do programa de destinação agrícola do lodo de esgoto no Estado do Paraná e suas conexões;

	b) Identificar os fatores motivadores para a geração do programa em estudo; c) Identificar os avanços e oportunidade relacionados ao programa a partir da ecoinovação; d) Identificar os reflexos ecoinovativos de acordo com as dimensões sociais, ambientais e econômicos segundo os principais atores inseridos no programa de destinação agrícola de lodo no Paraná.
Abordagem	Qualitativa
Natureza	Descritiva
Método	Estudo de caso único
Instrumentos de coleta de dados	Entrevistas semiestruturadas, documentos secundários e observação não participante.
Análise de dados	Análise de conteúdo
Atores da pesquisa	Sanepar, IAT e produtores rurais usuários do lodo
Objeto de análise de análise	Ecoinovações do programa de destinação agrícola de lodo de esgoto
Dimensão temporal	Transversal

Fonte: Autoria própria (2024)

3.6 Tratamento e análise de dados

Para a análise de dados, utilizou-se a análise de conteúdo, que consiste em um conjunto de técnicas, aplicado às comunicações, para obter técnicas sistemáticas e objetivas com a devida descrição de conteúdo das mensagens indicadores, quantitativos ou não, que possibilitem a inferência de conhecimentos concernentes às condições de produção ou recebimento dessas mensagens (Bardin, 2016).

Para tanto, partiu-se para o desenvolvimento da análise, que compõe três etapas, sendo primeiramente a pré-análise, seguida pela exploração do material e posteriormente pelo tratamento dos resultados e interpretações (Bardin, 2016).

Desta forma, na etapa da pré-análise, realizou-se a leitura flutuante e em seguida a escolha dos documentos, com o intuito de inferir respostas, para o alcance do objetivo da pesquisa levantado, seguido pela constituição do “*corpus*”, que consiste no conjunto de documentos para submissão do procedimento de análise.

No que concerna à preparação do material, ele se dá antes da análise propriamente dita, de acordo Bardin (2016), tendo a pesquisadora transcrito as 21 entrevistas realizadas, para realização do contato com o conteúdo das transcrições e a atribuição de uma categoria, confrontando com a Teoria.

Na etapa que contempla a exploração do material, realizou-se a categorização, baseada nos objetivos específicos da pesquisa, com a codificação dos trechos das

entrevistas, que correspondem na transformação de dados brutos em textos (Bardin, 2016).

Para tanto, na fase de categorização estabeleceu-se o critério semântico, em que se agruparam as categorias assuntos com significados semelhantes em uma mesma categoria (Bardin, 2016).

Para tanto, a categorização teve por base as seguintes categorias e subcategorias, em codificaram-se os trechos das entrevistas.

Quadro 11- Categorias de análise

Objetivos específicos	Categorias	Subcategorias
Caracterizar os principais atores do programa de Destinação Agrícola do Lodo de Esgoto do Estado do Paraná e suas conexões	Atores	- Atribuições - Conexões
Identificar os fatores motivadores para a criação do programa em estudo	Motivações	- Gestão do lodo
Identificar os avanços e desafios relacionados às tipologias ecoinovativas desenvolvidas no programa.	Avanços ecoinovativos e desafios	Tipologias ecoinovativas: - Design - Usuário - Produtos e serviços - Governança Desafios
Identificar as percepções dos principais atores quanto aos reflexos sociais, econômicos e ambientais proporcionados pelo programa.	Reflexos do programa	- Ambientais - Sociais - Econômicos

Fonte: Autoria própria (2024)

A partir das técnicas de coleta e análise de dados apresentadas, a próxima seção apresenta os resultados desta pesquisa.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesta seção, após a devida coleta de dados da pesquisa sobre o Programa de Destinação Agrícola de Lodo, no estado do Paraná, por diferentes instrumentos como entrevistas semiestruturadas, observação não participante e análise documental, sob as lentes daecoinovação, se apresentará os resultados que tiveram por objetivo: compreender como se desenvolvem os processos ecoinovativos em um programa de destinação agrícola de lodo de esgoto no setor de saneamento do estado do Paraná.

Para tanto, na próxima subseção, caracteriza-se os principais atores do programa.

4.1 Caracterização dos principais atores do programa

Precipuaente, no caso do programa em estudo, destaca-se a importância de caracterizar os principais atores inseridos no Programa de Destinação Agrícola do Lodo de Esgoto, para verificar as conexões e atribuições destes atores na dinâmica do Programa de Destinação Agrícola do Lodo no Estado do Paraná.

Assinala-se, que o uso agrícola do lodo de esgoto, é considerado uma alternativa mundialmente consolidada, sendo que no Brasil, seu uso restringe-se a poucos estados. O Estado Paraná, consiste em um dos estados brasileiros, em que se prioriza a destinação final do lodo para a agricultura (Bittencourt; Aisse; Serrat, 2017).

O aproveitamento de subprodutos de tratamento de esgoto, consiste em uma prática de sustentável, refletindo positivamente. Porém essa solução, precisa ser difundida para os atores envolvidos, tanto do segmento de saneamento, como desde titulares de serviços e o público atendido (Moreira, Lobato e Passos, 2022).

No caso em questão, caracterizou-se os principais atores, conectados ao caso do Programa de Destinação Agrícola do Lodo do Estado do Paraná, em que se contempla, a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), geradora do lodo, o produtor rural, que utiliza o lodo na agricultura e o Órgão Ambiental do Estado do Paraná, que no caso em tela, consiste no Instituto Água e Terra (IAT).

Desta maneira, cada um dos envolvidos desempenha seus respectivos papéis, alusivos ao programa em estudo, em face da especificidade de suas atribuições. Nesse contexto, o Instituto Água e Terra (IAT), com o advento da Lei Estadual 20.070/19

Paraná (2019), dispõe que os órgãos ambientais do Estado, reúnem-se em um único instituto, vinculando-se à Secretaria do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo, em que se deu a incorporação do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia (ITCG), Instituto das Águas do Paraná, pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), sob a denominação Instituto Água e Terra (IAT), sendo responsáveis por cinco diretorias: Licenciamento e outorga; Gestão de patrimônio cultural; Saneamento ambiental e recurso hídricos; Gestão territorial e Administrativa financeira (Paraná, 2019).

Cumpra ressaltar, que dentre estas diretorias do IAT, destaca-se, o licenciamento e outorga, que possui como atribuições: a concessão e monitoramento de Licenciamento Ambiental, Autorização Ambiental e Outorga de Recursos Hídricos de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental e a Diretoria de Saneamento Ambiental e recursos hídricos, a qual é responsável por elaborar, executar e monitorar planos, programas, ações, projetos técnicos e políticas de preservação, conservação, recuperação e gestão dos Recursos Hídricos do Estado e a gestão de resíduos sólidos (Paraná, 2020).

Pondera-se, que a Resolução da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos SEMA 021/09, dispõe sobre as normas de uso agrícola de lodo de esgoto, sob esfera Estadual (Paraná, 2009).

A Resolução Estadual, ainda estabelece que antes da destinação agrícola o lodo precisa passar por uma Unidade de Gerenciamento de Lodo- UGL, a qual precisa atender padrões, ou seja, um empreendimento próprio para sanitização lodo. Ela também preconiza, sobre normas de licenciamento ambiental, abarcando também padrões ambientais e diretrizes concernentes ao manejo e disposição de resíduos sólidos, destacando-se por exemplo, os critérios de aplicação do lodo e tipos de áreas agrícolas em que o lodo pode ser aplicado (Paraná, 2009).

Deste modo, observa-se que antes lodo destinar-se à agricultura, ele passa por uma UGL, que precisa ser um empreendimento próprio, para sua sanitização, conforme cita-se no trecho que segue:

[...] a gente (IAT) determina os parâmetros mínimos para o lodo ser utilizado. A gente fala que o lodo, ele só pode parar na agricultura se passar por uma UGL, tem que ser um empreendimento próprio para sanitização lodo. Daí, a partir disso, do lodo sanitizado que a gente pensa em destinar ele para agricultura (Entrevista com IAT-01).

No trecho da fala do entrevistado salienta-se sobre a necessidade de o lodo passar por uma UGL para passar pelos processos de gerenciamento necessários, como a higienização, antes de ser destinado ao produtor rural.

Desta maneira, cumpre salientar que cabe ao Instituto Água e Terra (IAT) exigir a aplicabilidade da Resolução por parte da Companhia de Saneamento do Paraná-Sanepar, responsável pelo Programa de Destinação Agrícola do Lodo de Esgoto, conforme segue:

[...] nunca tivemos o problema por exemplo, de um lodo que estava sem condições de ir para agricultura ter sido utilizado na Sanepar, ela atende corretamente os critérios ela obedece a legislação SEMA 021 [...] então, a Sanepar obedece às nossas exigências, porque na agricultura, você só pode errar uma vez! (Entrevista com IAT-02).

Na fala do entrevistado do Órgão Ambiental do Paraná, o entrevistado enfatiza que a Companhia de Saneamento do Paraná atende aos parâmetros legais.

A Sanepar é responsável pelo sistema de coleta e tratamento de esgoto no âmbito estadual. Ela busca por melhores processos de tratamento e aproveitamento de resíduos, como o caso da idealização do Programa de Destinação Agrícola de Lodo, alinhado com as exigências do IAT e da Resolução Estadual SEMA 021/2009 (Paraná, 2009).

Nesse sentido, acentua-se que dentre as atribuições de uma companhia de saneamento básico, elenca-se a coleta e o tratamento de esgoto, que por consequência gera o lodo, requerendo sua destinação correta, alinhando-se com estudos de Andreoli e Ferreira (1999) que ressaltam a importância do gerenciamento responsável dos lodos, assim como a reciclagem agrícola deste material.

A Companhia, possui atribuições alusivas ao gerenciamento do lodo no âmbito da UGL, que contemplam por exemplo a desaguamento, higienização, análises laboratoriais, liberações de lote de lodo após resultados das análises.

Além do mais, a CIA é responsável pelas parcerias com os produtores rurais, que abrange desde o cadastro, levantamento de áreas aptas, análises de solo, recomendações agronômicas prévias, coleta e assinatura de termo de ciência pelo agricultor, transporte até a área agrícola com relatório de rastreabilidade e monitoramento do solo pós aplicação do lodo.

A Sanepar, busca por melhores processos de tratamento e aproveitamento de resíduos, como o caso do Programa, alinhando-se com as exigências do IAT e da

Resolução Estadual SEMA 021/2009 (Paraná, 2009).

No que concerne à relação a Sanepar, os trechos dos entrevistados CIA-01 e CIA-04 elucidam a compreensão do seu papel:

[...] hoje em dia, a gente (Sanepar) está praticamente no Estado inteiro, distribuída aí em diversos polos, atuando com 38 unidades de gerenciamento de lodo (UGLs). E o que são essas unidades? É o empreendimento licenciado que: prepara o lodo, faz a higienização, tratamento, caracterização dos lotes, que são todas as análises ali nos parâmetros que a legislação exige, para poder ter a aplicação agrícola, controlar, fazer a gestão desses lotes de lodo e a distribuição nos agricultores adjacentes à essas UGLs (Entrevista com CIA- 01).

[...] É uma companhia de engenharia (Sanepar), mas que presta serviços de saneamento, ou seja, a sustentabilidade é uma premissa de todas as ações. Então, desde que a gente precisa operar, tratar adequadamente os resíduos. Não só os resíduos, mas tudo que envolve processos, tratamento de água, esgoto, tudo isso é permeado por ações de sustentabilidade. Então, a companhia é uma empresa 100% sustentável? Não! Mas é uma empresa que busca 100% do tempo a sustentabilidade. (Entrevista com CIA- 06).

Na fala dos entrevistados CIA- 01 e CIA- 06, percebe-se que o lodo perpassa por vários processos de gerenciamento, em consonância com os critérios legais exigidos pela Resolução SEMA 021/2009.

Além disso, se faz importante assinalar que alinhados com a Resolução Estadual a SEMA 021/2009, a companhia disponibiliza ao Agricultor um documento de cadastro rural do agricultor no programa (anexo A), chamado manifesto de interesse, em que dispõe sobre os critérios de utilização e restrições do uso do lodo, como cita-se na entrevista com CIA- 01:

[...] a gente (Sanepar) agenda visitas com esses produtores, avalia tecnicamente a propriedade, no sentido de relevo, questões de solo, proximidade com casas, proximidades com poços rasos, corpos d'água, estradas, enfim, porque a legislação coloca diversas restrições ou critérios que a gente tem que atender: a distância numa estrada, de uma via pública, então a gente faz esse levantamento, coleta as análises de solo; coleta amostras de solo para fazer análise e efetivando, tendo a aptidão a área, essa pessoa vai entrar numa fila de atendimento e estando a área disponível, no momento que a gente tiver um lote disponível, porque o lote de lodo ele tem que ser caracterizado em determinados tempos, então, um exemplo o lodo ele levou três meses para ser formado, a gente vai caracterizar, pedir uma autorização ambiental para o órgão, então, no caso o IAT. Tendo a autorização ambiental, a gente vai consultar esse nosso cadastro os produtores que estão disponíveis para receber naquele momento, se a área é apta a gente elabora um projeto agrônomico, faz o contato com esse produtor, faz o projeto agrônomico, encaminha para área operacional e eles vão fazer o transporte até a área agrícola e por vezes até espalhar na área agrícola. Então, esse basicamente é o fluxo que acontece, desde o produtor lá, que está interessado, até chegar o produto na área dele, então seria mais ou menos isso (Entrevista com CIA-01).

Acentua-se, que as estações de tratamento de esgoto sustentáveis, caracterizam-se pela capacidade de converter o esgoto em recursos que agregam valor para a sociedade (Rietow *et al.*, 2023).

Impende observar, que o lodo, consiste em um resíduo gerado a partir do tratamento de esgoto pela Sanepar, sendo fornecido para o Produtor Rural, após a respectiva higienização, para aplicação agrícola.

Desta forma, o papel da Sanepar com o Programa de Destinação Agrícola do Lodo de Esgoto, gera valor para toda a sociedade, ao transformar o lodo em um produto seguro, com riqueza de nutrientes que é direcionado para os produtores rurais, em alinhamento com o órgão ambiental do Paraná e com a legislação alusiva ao uso do lodo.

Para tanto, a pesquisa de Moreira; Lobato e Passos (2022) considera o aproveitamento de subprodutos de estação de tratamento de esgoto, uma prática sustentável, que reflete em benefícios. Salienta-se ainda, a importância da difusão dessa solução para os atores envolvidos, quer sejam do setor de saneamento, titulares destes serviços, até o público atendido.

Os autores enaltecem ainda, a necessidade de demonstrar as vantagens dessa prática, envolvendo as partes contempladas, proporcionando a valoração dessas soluções (Moreira; Lobato; Passos, 2022).

Em relação ao produtor rural, que usa o lodo, permite-se verificar seu papel no Programa de Destinação Agrícola do Lodo de Esgoto no seguinte comentário: “[...] porque na verdade, alí o cuidado com a terra é um bem para a própria pessoa que trabalha nela” (Entrevista com PR- 02).

Desta maneira, evidencia-se no trecho da entrevista com PR- 02, que o agricultor, como usuário do programa, tem o senso de pertencimento, exercendo um papel de agente de transformação e alinha com o entendimento dos estudos da WRF (2017) quanto a preservação do meio ambiente.

Cumprindo ainda salientar que os produtores consideram importante utilizar um material que foi reciclado, evitando sua disposição em aterros sanitários, conforme destaque no seguinte trecho da entrevista:

[...] este produto (lodo de esgoto) ia ser jogados no aterro sanitário [...] a gente fazendo uso dele (lodo na agricultura), acaba sendo viável, acaba sendo usado como adubo para produzir (cultivar) e isso gera sustentabilidade (Entrevista PR- 04).

[...]era um resíduo que era assim, era jogado, era descartado né! E com tratamento, feitas as descontaminações no produto, ele vira um adubo orgânico para diversas culturas, de muito bom resultado sim (Entrevista PR- 06).

[...] essa é uma iniciativa de preservação do meio ambiente, melhoria de fertilidade, evitar que haja contaminação no meio ambiente é o tema principal. A principal questão desse programa, acho que é exatamente essa, é o cerne da coisa (Entrevista PR- 07).

Nos trechos das falas dos produtores rurais, percebe-se que eles se sentem responsáveis pela preservação do meio ambiente ao fazer uso do lodo reciclado, possibilitando a não disposição em aterros sanitários. Eles acreditam, que como usuários do programa, estão contribuindo com a sustentabilidade e com a proteção ambiental.

Em virtude destas considerações, verifica que dentre as atribuições demonstradas, pelo IAT, pela Sanepar e pelos agricultores, evidenciam que esses atores se conectam, contribuindo com a prosperidade do Programa e com a sociedade como um todo. Em consonância, pode-se citar a pesquisas *Water Research Foundation WRF* (2017) que ressalta a importância do engajamento das partes envolvidas.

Assim, ao categorizar os atores, seus papéis e conexões no Programa de Destinação Agrícola do Lodo de Esgoto evidencia-se as conexões entre o gerador, o usuário e o órgão responsável aplicabilidade das regulamentações, em sintonia com o Programa de Destinação Agrícola do Lodo.

4.2 Fatores motivadores para criação do programa

Conforme citado anteriormente, cumpre observar dentre as atividades desempenhadas pela concessionária de saneamento do Paraná, destaca-se principalmente a coleta e tratamento de esgoto. Sendo que, quanto mais efetiva for a coleta, mais esgoto terá que ser tratado e mais lodo de esgoto será gerado, tendo que ser dada uma destinação.

A par disso, para atingir o segundo objetivo específico deste trabalho, concernente a identificação dos principais fatores motivadores, para a implantação do programa em estudo no Paraná. Assim, destaca-se o estudo de Lara, Andreoli e Fernandes (2001) que considera que a coleta de esgoto, não pode dissociar-se do seu tratamento, pois a disposição adequada do lodo de esgoto é fundamental para a saúde pública e meio ambiente.

Os autores aduzem ainda, que o aumento populacional aliado à crescente concentração populacional nos centros urbanos ensejou a busca por soluções de ordem tecnológicas e políticas. Pois faz-se premente sanar problemas tanto de ordem técnica, como econômica, alusivos aos espaços físicos para o lodo, havendo um estímulo internacional para seu uso agrícola tendo em vista que já se utilizava nos Estados Unidos e na Europa (Lara, Andreoli; Fernandes, 2001).

Ademais, pela carência de dados alinhados à realidade do país e em face da expansão dos serviços de coleta e tratamento de esgotos no Estado do Paraná, com a ampliação da demanda operacional das ETEs, necessitava-se uma destinação final para esse lodo. Desta maneira, motivou a criação de um grupo de pesquisas, na eminência de alternativas de disposição para esse material, dando origem ao Programa Interdisciplinar do Lodo de Esgoto, sob coordenação da Sanepar (Lara, Andreoli; Fernandes, 2001).

Nesse interim, quando se amplia a demanda de tratamento, se faz imperioso o desafio, alusivo às questões de espaço físico para armazenamento do lodo, requerendo distintas iniciativas, conforme observa-se no trecho que segue:

[...] Já nos anos 80, a Sanepar tinha um dos maiores parques de reatores anaeróbicos do mundo. O Paraná tinha mais de 200 Reatores. Isso nos anos 80. Esses reatores produziam lodo e aí, a Sanepar se antecipou, em uma visão de “se produz lodo, vamos buscar uma alternativa”. Nessa época, os projetos de estação de tratamento de esgoto, eles terminavam com uma flechinha, apontando para um caminhão e com as palavrinhas mágicas, “destino final adequado”. Então, esse era o detalhamento que um projeto de estação de tratamento de esgoto, dava para o lodo, destino adequado! E, aí, essa rede de omissões, por parte do governo federal, por parte dos órgãos licenciadores, por parte dos engenheiros projetistas etc., estourava na mão do operador da estação, porque, daí, ele começava a operar, o lodo começava a ser produzido e ele não sabia o que era a tal da disposição final adequada [...] Então, vendo que o problema do lodo ia se agravar em função de a Sanepar ter um parque grande, um conjunto de engenheiros, do qual eu fiz parte, fizeram a proposta de um programa de pesquisa chamado Programa Interdisciplinar de Reciclagem Agrícola do Lodo (Entrevista CIA- 04).

Desta forma, conforme observado na fala do entrevistado CIA- 04, compreende-se que perante o desafio de gerenciamento e destinação, em face da do aumento de produção de lodo nas estações de tratamento, propôs-se o desenvolvimento de pesquisas interdisciplinares versadas sobre lodo, buscando-se uma solução técnica, para o resíduo em questão.

Nesse sentido, vale salientar a fala da entrevista de CIA- 05:

[...] depois de 2007... teve muita ampliação de rede e melhoria na eficiência de tratamento. E a geração de lodo é diretamente ligada à eficiência do tratamento de esgoto. Quanto melhor o tratamento de esgoto, maior a geração de esgoto. Então, no início tinha pouco lodo, mas também tinham poucas alternativas de destinação. Até a questão de aterro, eram poucos aterros e o custo para destinação para aterro era muito elevado, então se buscou, essa alternativa, que fosse dentro do que você falou, da sustentabilidade, que fosse mais econômica que um aterro, mas também com benefícios sociais e ambientais, não deixando um passivo, que acabaria ficando nos aterros. Então, buscou essa questão da alternativa de uso agrícola para destinação do material (Entrevista CIA- 05).

Analogamente, Lara, Andreoli e Fernandes (2001) aduzem que os pesquisadores do projeto lodo na época, vislumbraram uma solução segura para disposição do lodo, devido sua produção crescente, considerando-se termos naturais, econômicos, segurança ambiental e sanitária.

Nesta senda, verifica-se que a Sanepar vislumbrou potencial nas parcerias de pesquisa, para desenvolvimento de novas soluções, advindas de cooperações interinstitucionais e acadêmicas, estreitando assim, o diálogo com universidades para a obtenção de respostas satisfatórias para sanar um problema crucial.

Na mesma linha, cumpre salientar a fala do entrevistado CIA-06

[...] O programa de destinação de lodo, ele começou ... com uma pesquisa que subsidiou centenas de trabalhos técnicos, dezenas de livros aqui na companhia. Então é um trabalho de décadas. A Sanepar, inclusive coordenou redes nacionais de pesquisa chamada PROSAB- Programa de saneamento básico, onde o lodo era uma das temáticas desse programa. Então, redes com centenas de pesquisadores, mais de uma rede ao longo de décadas! Então, sempre foi um programa interdisciplinar, interinstitucional, para reciclagem agrícola de lodo (Entrevista com CIA- 06).

No que tange aos principais motivadores para a implantação do programa em estudo, percebe-se que em que pese inicialmente tenha surgido em face da ampliação das operações de tratamento de esgoto da Sanepar, com produção de mais lodo, paralelamente verificou-se a necessidade de viabilidade econômica, social e ambiental. De forma semelhante, Lara (2011) argumenta, que a meta inicial do programa, contemplava a busca por alternativas ambientalmente adequadas e com viabilidade econômica, para a disposição do lodo de esgoto. Diante disso, merece destaque as falas dos entrevistados que seguem:

[...] olhando pela perspectiva da companhia, é sim uma alternativa de destinação que ela precisa! Então ela gera esse lodo, são montanhas de lodo, geradas diariamente. O estado do Paraná gera em torno de 400 toneladas mais ou menos de lodo úmido por dia, então esse lodo gerado, precisa ser destinado, e uma forma de destinação é essa, bastante robusta, que é a destinação via agricultura (Entrevista com CIA- 06).

[...] o Programa de Reciclagem Agrícola de Lodo, partiu de um princípio muito importante, o uso agrícola do lodo, não podia ser confundido com a impressão de se livrar do lodo, jogando o lodo na propriedade do agricultor, como se fosse o lixo das cidades. Ao contrário, a reciclagem agrícola pressupõe a oferta para o produtor rural de um produto, que tenha segurança ambiental e sanitária, que dê sustentabilidade agrônômica e que garanta o aumento da produtividade e da lucratividade do produtor (Entrevista com CIA- 04).

[...] Quando eu disse, hoje não considero mais um programa, é uma alternativa de destinação. A principal razão, é que eu gero montanhas de lodo por dia e preciso da destinação, o que que eu faço com isso? Atualmente, os aterros sanitários nem conseguiriam absorver, as quantidades que são geradas (Entrevista com CIA- 06).

[...] na época assim foi uma saída porque também não tinha aterro sanitário, adequado para a gente pôr o lodo, então foi uma solução, porque não tinha outra alternativa... então na época o objetivo da criação do programa era dar uma destinação correta (Entrevista com CIA- 11).

Nesse interim, quando se amplia a demanda de tratamento, se faz imperioso o desafio, alusivo às questões de espaço físico para armazenamento do lodo, requerendo distintas iniciativas, conforme observa-se no trecho que segue:

Nesse sentido, destaca-se que os aterros não conseguem suprir a alta demanda de lodo gerada pela companhia de saneamento, se fazendo necessária a busca por alternativas. Também cumpre ressaltar, a pesquisa de Bringhenti *et al*, (2018), que enfatiza que pese no Brasil, realize-se amplamente a disposição de lodo de esgoto em aterros sanitários, essa prática pode causar impactos negativos geoambientais e sanitários.

Paralelamente destaca-se as motivações para adesão ao programa por parte dos produtores rurais, que pode ser percebida tanto da preocupação com as relações socioambientais, como de ordem econômica, conforme segue trecho da entrevista:

[...] um dos fatores para meu uso é que está gerando sustentabilidade! A gente que é agricultor, pensa nesse fator também, que depende do meio ambiente [...] a gente sempre fala, que é uma empresa a céu aberto! Depende do clima para produzir. Não é uma, empresa que a porta está fechada, que consegue controlar melhor os gastos, os resultados da empresa. A agricultura, o agronegócio, é uma empresa a céu aberto, a gente pode fazer tudo certinho na ponta da caneta, mas depende do clima para produzir. Então, o agricultor se preocupa com a sustentabilidade, com o meio ambiente, porque depende do clima para produzir, em gerar alimentos e com isso, na verdade, toda a população depende. Porque o alimento vem do campo e se for uma safra ruim, não produzir bem, isso vai gerar uma inflação no preço dos alimentos e da nossa sociedade em geral vai pagar este custo, né! Talvez as pessoas não consigam enxergar isso! Mas se a agricultura for mal ou tiver um clima ruim, se eu produzir pouco, isso vai gerar aumento nos preços e a população em geral vai pagar isso! E o lodo, gera sustentabilidade, ele é melhor para o meio ambiente, é bom para mim e acho que toda a sociedade ganha com isso! (Entrevista PR- 04).

[...] Eu procuro usar técnicas de sustentabilidade e uma delas é incorporação de uma matéria orgânica no solo [...] na minha propriedade, quando eu utilizo o lodo ao invés de fertilizante químico eu estou reduzindo a emissão de carbono para atmosfera referente à produção do adubo químico. Então, tudo o que eu posso utilizar de adubo orgânico e deixar de utilizar o químico, eu estou melhorando a minha emissão de carbono. O lodo contribui bastante para esse equilíbrio da emissão de carbono aí para a atmosfera e eu procuro na minha propriedade melhorar isso, essa parte sustentável aí (Entrevista PR-03).

[...] Eu acho essa iniciativa da companhia de saneamento espetacular, sabe! Porque, você está devolvendo uma matéria orgânica, que a origem é extraída do solo e volta para o solo, está sendo reciclado para o solo. A gente está falando de lodo e a pessoa está ingerindo alimentos e tal, gerou-se o lodo e está voltando para o solo. Então, a prática de conservar e evitar a contaminação é o principal. E outra coisa que me atraiu também é a melhoria em níveis de fertilidade de solo, tanto a parte física, como química (Entrevista PR-07).

Em síntese, a ideia inicial da Sanepar, era suprir uma necessidade técnica, devido ao aumento de lodo, frente à ampliação das operações de tratamento buscando-se por soluções ambientalmente adequadas para sua disposição final e com viabilidade econômica, desenvolvendo-se redes de colaboração com pesquisas interinstitucionais voltados para reciclagem agrícola.

Na sequência, desenvolveram-se pesquisas em busca de parâmetro sanitários, com viabilidade econômica, desenvolvendo-se redes de colaboração com pesquisas interinstitucionais voltados para reciclagem agrícola.

Na sequência, desenvolveram-se pesquisas em busca de parâmetro sanitários, agrônômicos, ambientais, econômicos e técnicos para viabilização da reciclagem agrícola do lodo voltadas para as condições ambientais e sociais do Paraná.

Deste modo, se deu a consolidação da reciclagem do lodo no Estado do Paraná, constituindo-se em uma referência nacional sobre a temática.

4.3 Avanços ecoinovativos e desafios do programa

Assim, evidenciou-se que na eminência de suprir uma necessidade interna da Sanepar, quanto à sua disposição final do lodo, desenvolveram-se redes de cooperação, com pesquisas que proporcionaram conhecimento pelo Programa Interdisciplinar de Pesquisa em Reciclagem Agrícola do Lodo de Esgoto integrando distintas instituições.

Dessa forma, destaca o entendimento de Lara (2001) que relata sobre a transferência de tecnologia, com a envoltura de profissionais da Divisão de Operações

e Projetos da Sanepar com a apropriação dos resultados, fruto das pesquisas, proporcionando uma melhor eficiência nos processos de gerenciamento do lodo.

Com a ampliação do saneamento no estado do Paraná na década de 80, se deu aumento na geração de lodo de esgoto, refletindo na busca por soluções para a destinação deste material, gerado pela coleta e tratamento. Para tanto, contempla-se a seguir, as principais ecoinovações encontradas no Programa de Destinação Agrícola do Lodo, de acordo com as quatro tipologias propostas por Carrillo- Hermosilla, Del Rio e Konolla (2010): *ecodesign*, usuários, produtos e serviços e governança.

Quadro 12- Tipologias ecoinovativas do programa

Tipologias ecoinovativas	Ecoinovações do Programa de Destinação Agrícola
<i>Ecodesign</i>	Na busca por uma solução efetiva para suprir os impactos negativos pelo acúmulo dos lodos nas ETE, criou-se o Programa de Destinação Agrícola de lodo, que além de auxiliar na demanda operacional, em face das grandes quantidades de lodos geradas nas ETEs da Sanepar e a necessidade de destinação ambientalmente adequada e economicamente viável do lodo o lodo passa a trazer impactos positivos ao ser utilizado na agricultura, contribuindo ambientalmente e socioeconomicamente.
Usuário	Aceitação e valoração do lodo reciclado, por parte dos produtores rurais, usuários do Programa de Destinação Agrícola.
Produtos e serviços	<ul style="list-style-type: none"> - Criação do programa de uso agrícola do lodo, - Criação da higienização com uso da cal, foram inovações nacionais e no estado do Paraná reciclagem do lodo na agricultura; <ul style="list-style-type: none"> - A criação de equipe de engenheiros agrônomos, para prestação de consultoria agrônômica aos produtores rurais, proporciona acesso à informações e conhecimento técnico, ambiental e legal sobre o uso do lodo; - O investimento na criação de laboratórios próprios por parte da CIA, proporcionam melhor prestação de serviços, menor onerosidade, maior confiabilidade nos laudos e mais celeridade na entrega dos laudos de análise de solos e de lodos. - A utilização de bolsas geotêxteis no processo de gerenciamento de lodo auxilia no desaguamento do lodo.
Governança	<ul style="list-style-type: none"> - Cooperações Técnicas interdisciplinares e interinstitucionais, que culminaram nas pesquisas sobre a utilização agrícola do lodo e publicações científicas, proporcionaram que a experiência adquirida quanto ao uso agrícola do lodo, fosse adaptada de forma segura às condições do Brasil. Proporcionando conhecimento Institucionalmente: a estratégia ambiental proativa, consistindo em estímulo à antecipação de normas fruto do programa interdisciplinar gerando arcabouço científico, dando alicerce para a elaboração da Instrução Técnica do Órgão Ambiental do Estado do Paraná - IAP CEP/ DTA nº 001/2002 (Paraná, 2002), sendo que esta Instrução, disciplinava critérios para uso agrícola de lodo, antes do advento da Resolução Federal CONAMA 375/2006.

Fonte: Autoria própria (2024)

4.3.1 Dimensões ecoinovativas do Programa de Destinação Agrícola do Lodo

Cumprir destacar, que se caracterizou no programa em estudo, as dimensões ecoinovativas que podem ser evidenciadas a seguir:

Na dimensão governança, abarca-se soluções institucionais e organizacionais voltadas para a resolução de problemas concernentes ao meio ambiente (Carrillo-Hermosilla; Del Rio; Konolla 2010).

Na eminência de suprir uma necessidade interna da Sanepar, em busca de mecanismos para disposição final do lodo, desenvolveram-se redes de cooperação, com pesquisas que proporcionaram conhecimento pelo Programa Interdisciplinar de Pesquisa em Reciclagem Agrícola do Lodo de Esgoto, integrando distintas instituições.

Neste sentido, a Sanepar buscou parcerias interdisciplinares e interinstitucionais, que culminaram nas pesquisas sobre a utilização agrícola do lodo, sendo esses estudos coordenados pela Sanepar (Sanepar, 2015).

[...] Fizeram a proposta de um programa de pesquisa chamado Programa Interdisciplinar de Reciclagem Agrícola do Lodo. Até então, o Brasil tinha menos de 10 artigos publicados sobre o lodo e o esgoto na literatura. Então, eram poucos trabalhos e trabalhos que faziam uma abordagem muito específica, nunca dando uma visão mais ampla. Foi adotada uma metodologia de pesquisa interdisciplinar, que foi adaptada das metodologias adotadas pelo CNRS da França [...] em um projeto de cooperação internacional, tivemos contato com essas metodologias de pesquisa e com o sistema de gestão de lodo que era praticado na França nessa época. Daí, trouxemos essas informações para cá, nós organizamos uma proposta de um programa multidisciplinar de pesquisa, em que você tinha que abordar vários aspectos, a questão dos metais pesados, a questão da sanidade, a questão da aceitabilidade pública, as tecnologias de desidratação, enfim, todo conjunto das informações que são necessárias para que você possa conhecer o produto gerado, que é o lodo, para saber quais são as alternativas de disposição final que seriam mais adequadas e que poderiam ser dadas. E assim começou o programa multidisciplinar, lá no final dos anos 1980. O primeiro foi o PEMA, o Programa Estadual de Meio Ambiente, que financiou, depois tivemos o financiamento do projeto do Governo Federal, não me recordo o nome, e logo em seguida entrou o PROSAB, o Programa Nacional de Saneamento Básico, que tinha, entre as quatro redes, uma certa lente em que se abordava principalmente o lodo, e isso gerou, isso estimulou as pesquisas a serem desenvolvidas no país, e uma grande quantidade de publicações e tal. Então hoje o Brasil dispõe de um farto cabedal de informação científica, desenvolvida no país, adaptada às condições nacionais, que permitem que você faça a utilização do lodo de forma segura na agricultura (Entrevista com CIA- 04).

Cumprir destacar, que se caracterizou no programa em estudo, as dimensões ecoinovativas que podem ser evidenciadas a seguir:

Acentua-se, que os reflexos alusivos à cooperação interdisciplinar desenvolvido, proporcionou conhecimento tecnológico, concernente à gestão do lodo

e alternativas de disposição final mais adequadas que poderiam ser adotadas. Neste cenário, impulsionaram-se pesquisas e publicações científicas, sob contexto brasileiro, proporcionando que a experiência adquirida quanto ao uso agrícola do lodo, fosse adaptada de forma segura às condições do Brasil.

Neste sentido, cumpre salientar que se desenvolveu um ambiente com estímulo à troca de conhecimento, favorecido pelas cooperações nacionais e internacionais para o desenvolvimento tecnológico (Carvalho; Silveira; Cunha 2022).

A partir desta estratégia ambiental proativa, oriunda do programa interdisciplinar ora desenvolvido, gerou um arcabouço científico, dando alicerce para a elaboração da Instrução Técnica do Órgão Ambiental do Estado do Paraná - IAP CEP/ DTA nº 001/2002 (Paraná, 2002). Esta Instrução, disciplinava os critérios para utilização agrícola de lodo, antes do advento da Resolução Federal CONAMA 375/2006 sobre o tema, de acordo com estudos realizados por Lara (2001), considerando-se, portanto, um estímulo à antecipação de normas (Brasil, 2006).

Desta maneira, cumpre citar, que um dos motivos do êxito na implementação do programa do lodo, se deve ao engajamento entre diferentes áreas da Sanepar conforme pode ser observado no trecho que segue:

[...] Então, nas pesquisas, havia sempre a participação do pessoal da área de projetos e do pessoal da área operacional da própria Sanepar. Isso, fez com que as tecnologias geradas fossem tecnologias mais adaptadas para serem aplicadas na prática. Assim como a área de pesquisa tinha um núcleo forte, foi formado um núcleo grande também na área operacional, na diretoria de operações da Sanepar, que era uma área específica para tratar do lodo, que contratou agrônomos e tal. Então daí, essa área é que dava o apoio direto operacional para os operadores. Então, essa área de pesquisa gerava informações que passavam para a área operacional e a própria área operacional fazia a extensão dessa informação junto aos operadores. Então, tivemos alguns profissionais da área da operação que tiveram um papel fundamental na implantação prática do programa para sair da pesquisa e ir para a operação do dia a dia, sempre um desafio (Entrevista com CIA- 04).

Na fala do entrevistado CIA-04, percebe-se que um dos principais motivos para o êxito do programa foi o engajamento e a sinergia entre gestores da área de pesquisa e de operações com diferentes áreas da companhia de saneamento, em que foi possível levantar as necessidades para que se gerassem tecnologias viáveis para aplicação prática.

Neste sentido Lara (2001) relata sobre a transferência de Tecnologia, com a envoltura de profissionais da Divisão de Operações e Projetos da Sanepar com a

apropriação dos resultados, fruto das pesquisas, proporcionando uma melhor eficiência nos processos de gerenciamento do lodo.

Também fruto do programa interdisciplinar, desenvolveu pesquisas para a higienização do lodo de esgoto no estado do Paraná, com o uso da cal Lara (2001). Sendo na época um produto inovativo no Brasil e no Estado do Paraná. O processo de estabilização alcalina prolongada (EAP) sendo utilizado no programa de destinação agrícola da Sanepar até a atualidade.

[...] antes da higienização, a infraestrutura, como eu falei antes, então é um pátio coberto e impermeabilizado, esses são os locais onde o lodo é tratado. O nosso processo que é a alcalinização prolongada, é um processo muito simples, ... é um processo de mistura, que a Sanepar faz a principalmente de três formas, que são: os misturadores automáticos, o uso de pá retroescavadeira para fazer a mistura e o uso de betoneiras. Então, o processo da parte tecnológica, consiste em como fazer esse processo, essa mistura da forma mais homogênea possível, mais eficaz possível, para ter a melhor mistura do lodo cal (Entrevista com CIA- 06).

A higienização do lodo com a adição da cal nas UGLs, e a reciclagem do lodo na agricultura consiste na melhor alternativa para o aproveitamento do lodo. Porém, deve atender aos requisitos necessários quanto a concentração de metais pesados e patógenos (Andreoli; Ferreira, 2009). Os autores aduzem que a higienização do lodo, realizada com a cal virgem, sob condições normais, dentro de um período de sessenta dias, é satisfatória para que se dê a higienização e remoção dos agentes patogênicos, para que ele, se torne apto, para uso na agricultura (Andreoli; Ferreira, 2009).

Salienta-se, que o gerenciamento de lodo contempla distintas etapas, que uma Unidade Gerenciadora de Lodo (UGL) que devem alinhar-se com a Resolução Paranaense da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA) (Paraná, 2009).

Para tanto, se faz imperioso destacar a realização de uma visita técnica no Campo, em que se observou *in loco*, a planta da UGL Padilha Sul, da Sanepar, em Curitiba. Sendo essa UGL, responsável pelo gerenciamento do lodo gerado em sua Estação de Tratamento de Esgoto- ETE e de outras ETEs de Curitiba e Região Metropolitana, a unidade recebe, higieniza, estoca e realiza a disposição final do lodo.

Cumprido ressaltar que o processamento do lodo, abarca distintas operações, como adensamento, desaguamento, estabilização, higienização e secagem. Sendo sua aplicabilidade diretamente relacionada ao destino do lodo (Andreoli; Fernandes, 2001).

Dessa forma, observou-se na infraestrutura da UGL visitada, diversas etapas da

gestão do lodo, em que se destaca: A fase de desaguamento do lodo, em que contempla a remoção da umidade e redução de volume do lodo. Tanto a UGL visitada como outras UGLs da companhia, utilizam bolsas geotêxtis, também chamadas *geobags*, como complemento ou como alternativa de desaguamento mecânico do lodo.

Na UGL Padilha Sul, os *geobags* são usados no processo de dragagem das lagoas, com uma função semelhante ao desaguamento mecânico, em que se separa a parte sólida da líquida.

Nesse sentido, Bordonalli e Mendes (2009) argumentam que a utilização de bolsas geotêxtis, para desaguamento de lodo, consiste em uma alternativa operacional que pode substituir os leitos de secagem, que visa corroborar com as etapas de desaguamento e desidratação do lodo, principalmente quanto aos aspectos alusivos à necessidade de limpezas frequentes, troca de materiais filtrantes e alto teor de umidade nos resíduos gerados (Bordonalli; Mendes, 2009).

Foto 1- Bolsas geotêxtis (*geobags*)



Fonte: Imagens cedidas por entrevistados CIA- 10

O processo de higienização, é realizado com a adição da cal, perpassando por um período de maturação ou cura (Paraná, 2009). Nesse sentido, estudos de Knopik *et al.*, (2018) enfatizam que a higienização do lodo, pelo processo de estabilização alcalina prolongada (EAP), com uso da cal, buscar assegurar qualidade ambiental, sanitária e agrônômica, com rastreabilidade.

Assim, cumpre destacar o trecho da entrevista que segue:

[...] a empresa se organizou dessa maneira, em UGLs, que são essas unidades de gerenciamento de lodo. Então, ali é recebido, o lodo é adicionado a cal virgem na proporção de 30 a 50% para o peso seco desse lodo e formado os lotes, que depois vão para agricultura (Entrevista com CIA- 03).

A imagem a seguir, ilustra o processo de higienização com o uso da cal, utilizado pela Sanepar.

Foto 2- Higienização do lodo com a cal na UGL.



Fonte: Elaboração própria.

Cumprе realçar, que o programa é paradigma para outros Estados brasileiros, que procuram o Órgão Ambiental do Paraná- IAT, conforme segue:

[...] eu digo que é um programa de sucesso, exemplar no nível de Brasil. Vários órgãos ambientais nos procuram para conhecer, entram em contato com o IAT para saber como que é essa gestão. Então eu posso dizer que é um sucesso mesmo, com relação ao uso do lodo na agricultura (Entrevista com IAT- 02).

[...] houve um grande aprendizado da companhia, um grande aprendizado também dos agricultores, que recebem ele (o lodo). E aí, a produção ... entendendo que todo o processo que a companhia passou, é algo de vanguarda de inovação de qualidade de trabalho que vai continuar sendo uma referência nacional (Entrevista com CIA- 02).

Em que pese, o projeto inicial, tenha se inspirado na experiência metodológica do plano de gestão de lodo francês, tanto o programa de uso agrícola do lodo, como a higienização com uso da cal, foram inovações nacionais e no estado do Paraná, conectando distintas áreas, haja vista que não havia sido utilizado para esse fim, tendo sua orientação voltada para a inovação (Tidd; Bessant, 2015; Zavelinski; Nascimento e Torres, 2022).

[...] quando começamos ... a primeira coisa que fizemos foi referenciar o estudo, um referencial teórico da experiência mundial... um extenso trabalho de pesquisa, para que começássemos a chegar aonde os outros já tinham

chego, fazendo as devidas adaptações às tecnologias que já tinham sido geradas e as condições para aplicação no Brasil. Inclusive, trazendo e fazendo associação com pesquisadores de referência mundial. A professora Janine Schwarzbrot, uma parasitóloga, foi responsável pela elaboração das normas da Comunidade Europeia na parte da sanidade, ela teve no Brasil, participou da pesquisa junto conosco várias vezes. O professor Terry Logan, que foi responsável pela pesquisa nos Estados Unidos, que definiu os critérios de limite de metais pesados usados pela *Environmental Tech Agency* dos Estados Unidos, também foi um professor que trabalhou muito conosco. Eu mesmo trabalhei dois meses lá nos USA junto com esse professor, em projeto junto com a própria EPA (*Environmental Protection Agency*) em programas de lodo. Da mesma forma, trouxemos a metodologia francesa e planos de gestão de lodo. A França era muito hábil nisso porque fazia programas em vários outros países. As empresas francesas trabalhavam na Alemanha, Portugal, Espanha, outros países. Eu tive a oportunidade de trabalhar em uma empresa chamada *Agro Development*, daí eu peguei toda a metodologia que eles tinham e fizemos uma adaptação das metodologias para trazer isso para o Brasil. Com base no programa de pesquisa, assim que concluímos as etapas preliminares do programa, quando já tínhamos os critérios para serem utilizados aqui, começamos a fazer projetos piloto, começando com dois produtores, depois subindo para 20 produtores. E o programa foi lentamente crescendo (Entrevista com CIA- 04).

Conforme observa-se na fala da entrevista de CIA-04, com o cabedal de conhecimento construído pelas pesquisas e a experiência com o uso do lodo em outros países, foi adaptada à realidade brasileira, originando um projeto piloto do uso agrícola de lodo.

[...] Efetivamente começou o projeto de pesquisa em 88, mas o projeto piloto de destinação foi em 94 e do projeto Piloto, para escala operacional efetiva, isso foi em 99, que aí começou a destinação Agrícola de lodo e escala operacional em Curitiba e em Foz do Iguaçu. Foz do Iguaçu entrou no programa ISO 14.000, a unidade Regional de Foz do Iguaçu, foi pioneira no Brasil em ISO 14.000 no saneamento e em escala operacional basicamente ETE Belém em Curitiba (Entrevista CIA- 12).

Destaca-se, a criação de uma equipe que presta consultoria agrônômica para os produtores rurais, em que os engenheiros agrônomos, fornecem as informações técnicas, ambientais e legais de acordo com as exigências da Resolução SEMA 021/2009 (Paraná, 2009).

[...] a gente conversa com o produtor, orienta, todos os agrônomos são responsáveis pelas coletas de todos os lotes, então a gente emite ART, a gente é bem criterioso nessa questão (Entrevista CIA- 11).

[...] foram contratados agrônomos para atuar no processo do Paraná. Então, hoje nós somos quatro agrônomos atendendo no Paraná nas diversas regiões Nordeste, Noroeste, Sudoeste, Sudeste e Metropolitana. Então foi se adaptando, fazendo os contratos, a gente realiza contrato para análise do

solo, contrato para transporte, então isso foi ao longo do tempo. A experiência da parte operacional do processo foi se adaptando e criando, esses responsáveis (Entrevista CIA- 01).

[...] isso foi ao longo do tempo, foi mudando com a empresa, então nós temos quase 30 anos de trabalho, que foi se consolidando e agora efetivamente funciona, a gente foi se capacitando aos poucos, na questão de infraestrutura, técnicos, eu fui praticamente a última a pessoa da equipe de agrônomos a ser contratada, para trabalhar com esse trabalho. A gente está lutando aqui, para se consolidar aqui na Região, hoje em dia eu vejo que está com bastante andamento, mas faltam alguns lugares ainda, que precisa ter instalações adequadas, mas funciona bem, foi se consolidando com o tempo (Entrevista CIA-09).

Em seguida impende enfatizar, que as análises laboratoriais do programa em epígrafe, foram internalizadas, para que seja mais célere a emissão dos laudos laboratoriais, solicitados pelos engenheiros agrônomos, que atendem os produtores rurais e posterior remessa desses ao IAT, que é responsável pela liberação dos lotes de lodo, pois somente após, essa etapa, contempla-se a logística de carregamento da destinação agrícola. Dessa maneira, o Programa alinha-se não apenas com a disposição final adequada, como de forma sustentável, em consonância com as disposições legais da Resolução Estadual e com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Paraná, 2009; Brasil, 2010).

Para tanto, observa-se trecho da entrevista que segue:

[...] Então, para começar, tem que seguir o trâmite que está na legislação, que é uma assistência do agrônomo, avaliação, com os laudos (laboratoriais) Tem que atender os laudos, o licenciamento (Entrevista CIA- 11).

O laboratório próprio da Sanepar, pode ser considerada uma inovação, uma vez que possibilita a realização das análises internamente com maior celeridade, redução de custos e não dependência de serviço de terceiros. Essa iniciativa, reflete na eficácia operacional, podendo corroborar com a inovação contínua e gestão de recursos (Venditti; Pamplona, 2020; Vasconcelos *et al*, 2022).

Neste sentido, cumpre citar trecho da fala de uma entrevista, que elucida a importância do processo de internalização das análises laboratoriais:

[...] com a dificuldade de fazer as análises ao longo do tempo e os laboratórios terceirizados apresentarem muitos problemas analíticos, dificuldades de fato, ... a Sanepar se estruturou para ter um laboratório próprio. Então, ela fez um investimento de cerca de R\$40.000.000,00 há sete, oito anos, para construir o seu próprio laboratório, que atendendo o Estado inteiro, não só com lodo, mas com análise de água etc. Mas um dos pontos fortes, da infraestrutura pesada desse laboratório, diz respeito às análises dos lodos do Estado do Paraná (Entrevista CIA- 06).

Segundo Agência Nacional de Assuntos Metropolitanos do Paraná - Amep, em julho de 2015, foi inaugurado o novo laboratório de análises da Sanepar alinhado às exigências legais e ambientais, para maior segurança jurídica e redução de custos com a não-utilização de serviços de terceiros, podendo gerar uma economia de aproximadamente quatro milhões por ano (Amep, 2015).

Foto 3 - Laboratório Central Curitiba



Fonte: Autoria própria.

Na etapa de observação não participante, visualizou-se práticas desenvolvidas, rotinas do cotidianas, conforme a figura que ilustra algumas das atividades desempenhadas no Laboratório Central da Sanepar em Curitiba, em que se destaca a microbiologia de lodo e esgoto.

O Laboratório Central visitado, possui CCL, que consiste no Cadastramento de Laboratórios de Ensaio Ambientais, físicos, químicos, biológicos e atividades de amostragem, atinentes a quaisquer matrizes ambientais, que subsidiem relatórios e documentos submetidos à apreciação dos órgãos ambientais e de recursos hídricos no Paraná, junto ao Instituto Água e Terra conforme a Resolução CEMA nº 100/2017, que determina os critérios de cadastramento de Laboratórios de Ensaio Ambientais e de equipamentos para medições ambientais (Paraná, 2017).

Durante visita técnica em Campo, observou-se *in loco*, no Laboratório Central de Curitiba, iniciativas em termos práticos, permitindo a percepção alusiva à robusta

infraestrutura desse laboratório, para suprir com celeridade a demanda atinente às análises de lodo de esgoto do Estado todo.

Assim, parte-se do pressuposto, de que inovação na prática, reflete na agilidade dos laudos de análise de lodos, disponibilizados pelo laboratório de Curitiba para os engenheiros agrônomos que atendem os agricultores em todo o Paraná, que encaminham para o IAT autorizar remessa dos lotes de lodo para a agricultura.

Além das análises laboratoriais do lodo de esgoto, são solicitadas análises de solo, para a caracterização do solo da área em que será aplicado o lodo, seguido pelas recomendações agronômicas, de acordo com a Resolução SEMA 021/ 2009 (Paraná, 2009).

Nas áreas de operações de esgoto da Companhia de Saneamento do Paraná, há cinco Gerencias Gerais, que se dividem em Metropolitana de Curitiba, Nordeste, Sudeste, Sudoeste e Noroeste, tendo cada uma dessas, um engenheiro Agrônomo responsável, desde o ano de 2017, que atende aos Produtores Rurais, usuários do programa do lodo da companhia paranaense. As atribuições desses profissionais, auxiliam a gestão e gerenciamento do lodo, com o levantamento de áreas aptas, desenvolvimento de projetos agronômicos e monitoramento dos solos, em que é feita a aplicação agrícola (Sanepar, 2022; Knopik *et al.*, 2018).

Assim, materializa-se a agilidade do laboratório, quando se dá a informatização dos laudos para as gerências gerais, das cinco regiões do Paraná, que dependem exclusivamente desta unidade laboratorial em Curitiba, para a análise do lodo de esgoto. Por outro lado, ressalta-se a fala do entrevistado no trecho que segue:

[...] O (programa) está sendo aprimorado! Creio que tudo tem um referencial comparativo, quando comparado às demais empresas de saneamento do Brasil, eu vejo que o lodo esgoto na Sanepar e o programa de reciclagem agrícola, poderíamos considerar como consolidado, ou até quase estabelecido tecnologicamente, não tendo demanda tão grande por um salto tecnológico, uma inovação. Agora, comparando com as empresas de saneamento de primeiro mundo, na Europa, Estados Unidos e outros países, eu vejo que temos muito a avançar (Entrevista CIA- 03).

Diante disso, percebe-se que em que pese o programa seja uma referência no Brasil, ele pode ser aprimorado, com o uso de tecnologias mais modernas

4.3.2 Dificuldades encontradas no programa

Vale apontar, que o gerenciamento de lodo consiste em uma abordagem complexa, que deve atender vários passos, em consonância com a Resolução Estadual SEMA 021/ 2009 que é bem rigorosa e complexa, gerando burocracia, entraves na ampliação do programa.

Também cumpre ressaltar, que esta Resolução não veda a disposição em aterros licenciados. Além do mais, existem outros fatores que influenciam o envio para o aterro como o tipo B (não doméstico, industriais) ou lodos que não se enquadraram nos padrões exigidos (análises laboratoriais) mesmo após a caleação.

Custos de operacionais, infraestrutura (espaço físico limitado em algumas UGLs, como distância, viabilidade econômica, o lodo industrial, tipo B que a legislação veda o uso agrícola.

Então pode se dar a codisposição do lodo em aterros conforme pode ser observado:

[...] aqui (na regional) o pessoal se orgulha de deixar com agricultura, sabe! [...] e tem unidade sem reciclagem. Então, assim não sei nem como explicar, se eu tivesse lá eu estava cutucando os gestores. Mas, é porque também existe um debate de que destinar para aterro, não é a forma mais correta, mas não é a errada (Entrevista CIA- 11).

[...] A depender de quem está sendo gestor ali, ele pode ser um empecilho, porque é claro, quando você tem todo um trâmite e uma regulamentação para fazer a utilização agrícola, dá mais trabalho, para mandar para o aterro não dá trabalho. Eu faço um contrato, foi para o aterro, pesou lá acabou. Então, na tomada de decisão, a legislação, ela pode ser um empecilho, mas um empecilho para aquele que está sem vontade, porque se acontece e a gente consegue fazer é porque é possível, então assim, do meu ponto de vista, não vejo como empecilho. Na verdade, eu vejo até como um aspecto de que nos dá segurança porque eu estou atendendo parâmetros pré-estabelecidos, de legislação atendendo critérios que a legislação exige e faço minha destinação do lodo, ela está totalmente legal, está amparada... se eu tenho as análises que a legislação exige, foi feito tudo certinho recomendado a dose certa, a quantidade certa para aquela análise do solo que a gente acompanhou e fez corretamente, para mim isso aqui me ampara, me dá segurança. (Entrevista CIA- 01).

Nestes trechos das falas dos respondentes, compreende-se que a Resolução Estadual do Paraná SEMA 021/2009 por muitas vezes impacta na ampliação do programa por ser muito restritiva.

Além dos mais, alguns dos entrevistados entendem, que a não destinação do lodo para a agricultura, advém da tomada de decisão por parte de alguns gestores que consideram a legislação burocrática e o gerenciamento de lodo para a agricultura complexo, constituindo-se em um empecilho principalmente no gerenciamento de

espaços físicos de UGLs de menor porte.

Enfatiza-se também, a questão concernente a indisponibilidade por parte do agricultor em receber o lodo por fatores climáticos como chuvas que também afetam negativamente a entrega do lodo e o gerenciamento de pátios.

Neste sentido, identifica-se as dificuldades da CIA, envoltas à questão do armazenamento do lodo, nas diversas falas dos entrevistados:

[...] se não tiver barracão, entre correr o risco de levar uma multa e mandar para agricultura, eles vão mandar para aterro (Entrevista CIA- 11).

[...] a agricultura não consegue absorver todo o lodo. Nós não temos estrutura para produzir esses lotes, porque produzir lotes para agricultura requer tempo, requer dinheiro, requer uma enorme infraestrutura, requer a boa vontade do agricultor em receber, requer o tempo, requer condições climáticas adequadas. Então, acho que você já deve ter falado com eles. As variáveis que envolvem esse processo, que são inúmeras (Entrevista CIA- 06).

[...] o espaço para armazenamento... que a geração de lodo, à medida que você trata mais esgoto, você gera mais lodo, ele é diretamente proporcional. Então, se eu aumento o meu tratamento, eu aumento a geração do lodo. Produção de lodo é sinônimo de eficiência de tratamento! Então, se o meu tratamento é mais eficiente, eu vou ter mais lodo. Então, muitas vezes as estruturas já não estão adequadas a esse crescimento, então a gente precisa estar à frente do tempo e no pensamento, para estruturar um futuro, o que que quer dizer isso? Se eu trabalhar em uma construção de uma estação nova, em um pátio de lodo para processamento desse lodo e eu pensar na ligação atual, de ligações de rede de esgoto e quando ela for instalada você já tiver mais ligações, um volume maior, aquela estrutura já não vai comportar, então isso aí é uma barreira, estar sempre à frente, a gente precisa estar pensando em andar à frente do tempo, para prever esse aumento da produção (Entrevista CIA- 01).

[...] tem essa questão da logística, porque o lodo tem que formar lote, higienizar, fazer o laudo, pedir autorização e o lote sair juntinho quando agricultor precisa plantar. Então o agricultor plantou uma semana antes, você perdeu o agricultor! (Entrevista CIA- 11).

Percebe-se que além da questão de infraestrutura, que a companhia tem que desenvolver planejamentos fundamentados no aumento da demanda futura, tem fatores climáticos, como as chuvas, que dificultam a entrega e o recebimento do lodo pelo agricultor.

Mas a principal barreira encontrada, consiste na Resolução Estadual SEMA 021/ 2009, que precisa ser atualizada, pois ela teve como alicerce a Resolução CONAMA 375/ 2006, que era baseada em leis internacionais, sendo bastante restritiva. Dessa forma destaca-se os seguintes trechos:

[...] a Resolução é de 2009 [...] estuda-se, uma reformulação, uma atualização da Sema 21, porque hoje, é a Sema 21 que encabeça tudo, que fala como que nós temos que fazer, quanto nós temos que fazer, do jeito que nós temos que fazer (Entrevista IAT- 01).

[...] A grande barreira já coloquei aqui é a legislação ... essa discrepância, de uma legislação que não se modernizou depois de todos esses resultados. Para mim, continua sendo completamente ilógica, improdutivo para um estado agrícola que precisa disso (Entrevista CIA- 02).

Se Resolução Estadual 021/2009 fosse alterada, fundamentada na Resolução Federal CONAMA 498/2020 poderia abranger mais agricultores.

[...] temos um problema hoje que é a “legislação”, ela estabelece que a gente deixe o lodo, por 30 dias com pH elevado, com pH 12. E a gente sabe, que é muito difícil de se fazer isso. É, operacionalmente, quase impossível. Então, não é isso que higieniza o material, manter ele por 30 dias. Então, esse é um gargalo de pesquisa muito importante (Entrevista CIA- 04).

[...] uma outra barreira também que é questão de legislação, uma legislação bem restritiva, bem demorada, bem demorada mesmo! Então, desde a nossa produção de lodo, até a nossa destinação, boa parte é burocracia e bem demorado nesse aspecto (Entrevista CIA- 10).

[...] a legislação comanda, nosso trabalho, é essencialmente uma legislação ambiental em cima de um produto ambiental, que a gente recolhe da população humana, é aquilo que faz parte do nosso produto. A legislação, ela tanto dificulta, como incentiva, é o nosso normativo. Então, a gente trabalha totalmente dentro da legislação com as restrições impostas, quanto ao pasto, uso culturas que estão com muita proximidade do produto, pela precaução prevista na legislação, que é muito antiga, em que a gente não tinha em lugar nenhum do país. Então, a gente tem uma legislação restritiva. Tem as restrições e trabalha-se para atender isso, é trabalhoso, desde a análise, que é muito complexa, a gente testa todos os itens de fertilidade que interferem no solo... tudo é analisado! Depois de tudo pronto, nós apresentamos para eles (IAT) liberarem e a gente só pode começar a distribuir (o lodo) depois dessa autorização. Depois que essa autorização (Entrevista CIA- 09).

[...] é importante, que esta Resolução SEMA seja revista e que ela se aproxime, pratique as premissas colocadas pela Legislação Federal, que com devido rigor técnico, cuidado, permite o uso do lodo B. E isso é superimportante, para ampliar a destinação agrícola, para diminuir custos e diminuir custos é diminuir tarifa para o consumidor, é a conta que chega, mais diminuída no bolso do consumidor, tarifa de água, esgoto. Ou seja, qualquer custo operacional e investimento que a companhia faz, isso reflete na tarifa que o consumidor paga. Então, à medida em que a gente consiga ser mais eficiente, em termos de gastos, com as alternativas à disposição, menor será a tarifa. Então, não só esse aspecto, como vários outros, facilidade operacional, rapidez. Hoje entre um lodo entrar e sair e leva no mínimo cinco meses na companhia. Ter um lodo B facilitaria isso. Também, as análises, alguns processos mais facilitados, autorizações para lotes maiores. Enfim, tem uma série de procedimentos e ações que poderiam ser tomadas de modo a facilitar um pouco mais esse processo de destinação agrícola dos lodos (Entrevista CIA- 06).

Foi destaque na fala do entrevistado CIA- 06, que se faz primordial a revisão da Resolução Estadual SEMA 021/2009 em consonância com Resolução Federal CONAMA 498/ 2020, para ampliar o programa e diminuir custos operacionais da companhia, que por consequência impactam na tarifa paga pelo consumidor. O entrevistado destacou ainda, o lapso temporal de até cinco meses do lodo mantido nos

pátios das UGLs, até a destinação para o agricultor. Fazendo se necessária a autorização de lotes maiores de lodo para a destinação agrícola.

Merece destaque ainda, a fala do entrevistado CIA-07:

[...] acho que a legislação podia pegar toda a experiência, toda história e aprender com ela e criar requisitos mais adequados a realidade. Tecnicamente se sabe que está certo. Na prática é outra coisa. Por isso que foi feito uma legislação tão restritiva, para garantir que não tivesse problema (Entrevista CIA- 07).

Pela fala do entrevistado, compreende-se que desde a criação do programa se desenvolveram pesquisas sobre o lodo construindo um amplo cabedal de conhecimento, que pode respaldar técnico e científico para o uso agrícola do lodo.

Aliada a questão de dificuldade operacionais encontradas, em face da necessidade de atualização da Resolução Estadual de SEMA 021/ 2009, configurou-se como barreira, devendo ser revista para que corrobore com o programa, beneficiando o agricultor e o meio ambiente.

Interessante se faz enfatizar, que dentre os processos que antecedem a destinação agrícola do lodo, contempla-se o tempo de cura e a formação de lotes, que é estipulado pela Resolução Estadual SEMA 021/2009, o que demanda espaço físico na Unidade Gerenciadoras de Lodo (UGLs) (Paraná, 2009).

Foto 4- Lotes de lodo no CTR



Fonte: Autoria própria.

[...] o fator motivador, no início, foi basicamente o que fazer com todo esse lodo que estava sendo gerado em Curitiba, na região metropolitana e demais cidades do Paraná. Como após a geração desse lodo, adensa-se desidrata-se, retira-se a umidade desse lodo para dispor de uma maneira mais vantajosa possível e operacionalmente econômica. Então, o primeiro fator motivador acho que foi a necessidade, operacional da empresa no dia a dia. Hoje,

a questão de oportunidades e pontes vão além de fatores motivadores. Hoje em dia, além de ser uma necessidade da empresa na questão da planilha de custos, que é um item que tem um dispêndio, um gasto considerável à disposição do lodo. Ele tem em si, um gasto grande, seja porteira adentro, dentro da estação, com o deságue desse lodo, desidratação dele, que pode ser feita com mais gravidade, que os leitos de secagem, de uma maneira mais barata e pode ser através de métodos mecânicos, centrífugas, filtro, prensa. Então, eu vejo que hoje em dia, o fator motivacional é reduzir custos com a geração e disposição do lodo (Entrevista CIA- 03).

Na fala do entrevistado, ele reforça que a criação do programa se deu por questões operacionais, atinentes a grande quantidade de lodo geradas nas ETEs na SANEPAR e a necessidade de destinação desse material. Porém na atualidade o entrevistado acredita que a redução de custos de gerenciamento e disposição lodo pode ser minimizados por novas tecnologias de processos.

Dentre as dificuldades internas do programa, ressalta-se que no interior há um quadro funcional muito enxuto além da falta de celeridade alusivos aos materiais e equipamento, nesse sentido, CIA- 09 aduz que:

[...] essa capacidade lenta, para aquisição de material e de equipamentos, pouca gente para trabalhar. Na verdade, muito trabalho para pouca gente, mas a gente vai dando conta, na medida do possível (CIA- 09).

Também se percebeu outras dificuldades, em que se destaca:

[...] externamente assim, a gente tem muita resistência, por exemplo por parte de quem vende adubo. Então, às vezes você tenta entrar numa região que usa muito adubo químico. E às vezes você tem resistência de técnicos dos próprios lodos, para fazer chegar informação correta a esses pequenos produtores que a gente quer alcançar. Tem a barreira cultural, devido a origem do adubo (lodo) que você não vê nenhuma barreira cultural quanto à utilização de cama de frango (esterco de ave), por exemplo (CIA- 09).

Na fala do entrevistado, ressalta-se, que em regiões que predomina o uso de adubos químicos, há uma certa resistência devido à falta de celeridade na difusão dos benefícios do uso a do lodo por parte de alguns técnicos do próprio programa de destinação agrícola e que essa divulgação auxiliaria, na quebra do preconceito atinente à origem e processo do lodo.

Vale apontar, que o gerenciamento de lodo consiste em uma abordagem complexa, que deve atender vários passos, em consonância com a Resolução Estadual SEMA 021/ 2009 que é bem rigorosa e complexa, gerando burocracia, entraves na ampliação do programa.

4.4 Reflexos do Programa

O gerenciamento de lodo de esgoto, é inerente à atividade fim do setor de saneamento básico, assim como sua disposição final, que gera altos custos. Contudo, a busca por soluções viáveis, não se limita à dimensão econômica, ela contempla as dimensões sociais e econômicas (Elkington, 2012).

4.4.1 Dimensões sociais do programa

Sob a dimensão social cumpre ressaltar que a Sanepar fornece o lodo para utilização agrícola sem custos, contemplando inclusive a parte logística.

[...] uma vez que o lodo é doado para o produtor rural, o programa de reciclagem procura direcionar esse material a produtores que precisam mesmo! Então, para um pequeno produtor, a utilização do lodo pode ser a diferença entre passar fome ou comer, pode ser a diferença entre poder comprar material escolar para o seu filho ou não, e pode ser a diferença que vai fazer com que ele fique no meio rural e não tenha que morar nas periferias das cidades (Entrevista CIA- 04).

[...] com o programa de reciclagem agrícola, que atinge e atende, inúmeros agricultores no Paraná, transforma-se realmente a vida dos agricultores. Porque ele (o lodo) vai evitar um custo com outros adubos que ele teria que comprar. Atualmente a empresa fornece gratuitamente o lodo. Então ele acaba tendo não só benefícios econômicos com isso, social e ambiental, que é o solo que se torna mais rico em matéria orgânica ... gostaria de ressaltar que é muito importante quando você vê esses milhares de agricultores que já foram atendidos nos últimos anos, nas diferentes regiões do estado, o quanto que o lodo é importante para eles. Pois, para um médio ou grande produtor pode não ter tanto impacto assim! Não porque ele é mais capitalizado, mas ele já vai ter a empresa agrícola dele, já vai rodar ali melhor, mas para um pequeno agricultor às vezes, o fato dele estar recebendo ali, eu vou colocar um número x ali, de acordo com a área dele, colocar às vezes, às vezes 100 toneladas de biossólido da Sanepar, vai fazer a diferença para ele entre ele e permanecer na propriedade por mais 5, 10 anos. Porque às vezes, é uma dívida que o agricultor deixou de fazer naquela safra, ele (o lodo) possibilita que ele consiga investir mais adquirindo um rebanho, conseguindo às vezes até reformar a casa dele, então o impacto social é muito grande mesmo! Benéfico, traz grande alegria para todos (Entrevista CIA- 03).

[...] ao ser destinado para a agricultura, ele tem uma pegada quanto sua questão social, é um produto muito importante que pode ser levado e já está comprovado que tem um potencial prático na agricultura(Entrevista CIA- 02).

[...] outra visão é do social, não é um se livrar do resíduo! É justamente usar o resíduo para melhorar a vida de alguns agricultores no campo, que não tem muitas terras, que vive do trabalho familiar ou de mutirão, com culturas de subsistência, um avanço ao latifúndio, para a concentração de renda. Então, tem esse trabalho como nossa missão e visão socialmente responsável, que é um dos pilares do nosso programa de distribuição, agrícola. Novamente, te digo, nem sempre a gente consegue estar pulverizando para esses pequenos, às vezes é necessária a busca por produtores maiores, para poder dar saída e se não se você leva meses para distribuir 500 toneladas. E aí isso impacta, no espaço da estação, você tem que acelerar, aí as vezes,

...você está em um período de chuva, período da entressafra, que vai acumulando o produto. Não tem onde colocar, porque está entre as safras. E aí você tem as culturas permanentes, de fruta, que não é a maioria. Quando se espera para o atendimento da próxima safra de inverno, verão, às vezes é complicando, mas é isso o programa, é excelente. Foi se estruturado aos poucos e hoje está consolidado (Entrevista CIA- 09).

Como a maior parte dos produtores são de pequeno porte, ou ainda praticantes da agricultura familiar, reflete significativamente na qualidade de vida destas famílias, evitando por exemplo, dívidas para a aquisição de fertilizantes químicos e o êxodo rural.

Outro aspecto relevante, consiste na consultoria agrônômica fornecida pelos engenheiros agrônomos do programa em estudo

[...] tem outro aspecto também que a gente comenta como benefício desse programa que não é o lodo. A parte maior do benefício é o agrônomo indo lá e orientando esses agricultores, que muitos desses, não têm engenheiro agrônomo contratado para ajudá-los. É claro, que o IDR, tem profissionais que ajudam na agricultura. Mas quando vai um agrônomo da Sanepar e fala que vai botar tantas toneladas de lodo, isso aqui vai te dar uma economia de tanto e que a produção vai aumentar tanto. Então, a consultoria agrônômica dos agrônomos, é essencial, na parte social. Acompanhei muito esse trabalho e via como eles ficavam agradecidos (Entrevista CIA- 07).

[...] a parte técnica deles, eu achei assim, que eles chegariam lá e me entregariam lodo de qualquer forma, mas não é! É um programa bastante técnico. Inicialmente, o agrônomo foi lá, visitou minhas áreas, aí coletaram amostras em todas as áreas, me entregaram o resultado dessas amostras. É feito todo um estudo da quantidade de lodo que pode ser colocado por área, dependendo da necessidade do meu solo. O lodo, ele corrige o pH, então, também depende de como está o solo, não pode ser colocado uma quantidade muito grande. Tem solo que às vezes nem pode ser colocado o lodo, então feito todo esse estudo, foi me entregue um projeto antecipadamente. E outra coisa também, a forma, é gratuito! Então é uma coisa que vem acrescentar, traz bastante benefício para o solo e é gratuito. Então tudo isto me chamou a atenção e foi bom, só veio a contribuir (Entrevista PR- 03).

[...] Se o produtor não tiver aumento da lucratividade, não vai se interessar em utilizar o lodo na agricultura e não vai ter, portanto, a sustentabilidade do programa (Entrevista com CIA- 04).

No que concerne aos agricultores usuários do programa sob a dimensão social, salienta-se devido ao recebimento gratuito do lodo, ele gera melhorias para sua família, para seus negócios e para a sociedade, podendo inclusive, comprar equipamentos agrícolas, melhores sementes e até empregar pessoas em sua propriedade.

[...] a gente investe em equipamentos, o agricultor sempre o pouco que sobra vai sempre tentando melhorar! Vai investindo em equipamentos ou até se você precisar contratar algum funcionário (Entrevista PR- 01).

Destaca-se ainda, que os agricultores usuários do programa, são agentes de transformação. Eles exercem importante papel na divulgação do programa, levam

conhecimento de suas experiências, favorecendo a aceitação e adesão de outros produtores rurais no programa de uso agrícola de lodo. Nesse sentido, cumpre destacar os trechos que relatam tanto sob a perspectiva da SANEPAR como do Produtor:

[...] Os agricultores estão aí, inúmeros agricultores que a gente vai conhecendo no dia a dia, no interior aqui do estado que aplicam o lodo e veem seu impacto positivo, divulgam para o vizinho. Tanto que na maior parte das vezes a questão da divulgação do programa, é o agricultor que faz esse trabalho por nós. Ele sabe que vai ter um rendimento muito bom ali, vai ter diferença visual até na lavoura dele, vai produzir mais! Daí o vizinho vai perguntar o que que você fez esse ano, que produziu tão bem? Aplicou qual produto? (Entrevista CIA - 03).

[...] Eu soube através dos vizinhos. Soube que os vizinhos estavam colocando e estavam contentes... A questão que os vizinhos já estavam colocando e ficaram satisfeitos... o pessoal que tem interesse, que use, porque é bom e dá resultado (Entrevista PR- 01).

[...] tinha um vizinho ali, que já tinha aplicado isso, já tinha posto já o lodo... Daí a gente, se interessou! (Entrevista PR- 02).

[...] Um agricultor que eu conhecia e que já tinha usado anteriormente, me falou do lodo...eu consegui o contato com o produtor, entrei em contato por telefone com o engenheiro agrônomo e ele me passou o site. Daí eu me cadastrei posteriormente no site da Sanepar, solicitando para participar do programa do lodo (Entrevista PR- 03).

[...] por outros produtores que já tinha usado o lodo. Então, os outros produtores passou a informação que o produto deu bom resultado e que era um produto muito bom mesmo (Entrevista PR- 06).

[...] Eu já tinha tido contato com um produtor, que disse que era muito bom, passou boas informações, inclusive já tinha sido atendido há uns 2 anos antes. Ele disse que o produto era muito bom. E aí outras orientações, assim de que já tinha usado e que nos garantiu que era um produto muito bom e aí eu fui atrás (Entrevista PR- 05).

Dessa maneira, percebe-se a utilização deecoinovações, perpassa pela aceitação do usuário, assim como pela sua orientação ao uso do produto (Carrillo-Hermosilla; Del Río: Könnölä, 2010). Desta forma evidenciou-se a aceitabilidade por parte dos agricultores usuários do programa, que recomendam o Programa de Destinação Agrícola de Lodo para outros produtores, corroborando com a divulgação e aceitabilidade do produto ofertado pela companhia de saneamento.

4.4.2 Dimensão Ambiental do programa

Sob a dimensão ambiental, ressalta-se que o uso do lodo na agricultura consiste em uma destinação ambientalmente sustentável, tendo em vista que ele proporciona a reciclagem de nutrientes, beneficiando o cultivo de plantas e

características físico-químicas e biológicas do solo em foi aplicado (Bittencourt; Aisse; Serrat, 2017).

Eu acho que a questão central, é a preservação do meio ambiente e a destinação correta, desse material. Ao meu, ver, é perfeita essa destinação(Entrevista PR- 07).

Foto 5- Comparativo de plantio com e sem uso do lodo



Fonte: Imagens cedidas por entrevistados CIA- 06 e CIA- 11

[...] Realmente dá para ver que ele (lodo) ajuda bastante, ele dá mais produtividade. Até tem um lote (terreno) que em uma parte foi aplicado e na outra parte não foi posto! Já dá para ver o resultado (Entrevista PR- 01).

Para os produtores rurais do Paraná, o uso do lodo vem se mostrando uma excelente alternativa como adubo orgânico, pois traz melhoras ao solo, com a reposição de nutrientes, conforme segue:

[...] o primeiro resultado foi detectado diretamente na análise do solo do próximo ano. Eu estava com um pH baixo e o lodo, ele traz assim, um benefício imediato, que é a correção desse pH, então já aumentou o pH do solo na área que eu utilizei, a minha produtividade de soja no ano posterior foi maior (Entrevista PR- 03).

[...] Ele (o lodo) trabalha com um monte de nitrogênio [...] ele dá uma disponibilidade melhor de nutrientes para o solo... tem vários nutrientes no solo, mas só que ele (o solo) fica só identificando, pois, a planta não consegue absorver aquele nutriente, porque às vezes a gente usa muito produto químico, daí aquilo vai matando as bactérias que tem no solo. Aí o lodo, ele, consegue dar a vida no solo, sabe! Ele mantém o solo mais vivo. Às vezes tem um nutriente no solo, que a planta não está conseguindo absorver. E o lodo, além de disponibilizar os próprios nutrientes dele, ele consegue disponibilizar os nutrientes que às vezes está calcificado e nem o solo sabe, principalmente fóssil! Consegue liberar aquele fóssil para planta absorver [...] Ele (o lodo) consegue liberar para a planta absorver, então são vários benefícios (Entrevista PR- 04).

[...] a gente nota, mais a correção do solo. Já tem até algumas ervas daninhas que já não vem por corrigir o solo [...] a gente aprendeu as leis, não pode pôr em beira de rio, não pode pôr perto de casa, por questão do meio ambiente (Entrevista PR- 01).

[...] Chamou atenção, mais a parte de estiagem assim, sabe. Ele (o lodo) ajudou bastante ali, na verdade. Depois que foi aplicado o lodo no terreno, ele melhorou a qualidade do solo e quando dá estiagem, ele segura mais a planta, ela aguenta mais dias da falta de chuvas mesmo (Entrevista PR- 02).

[...] A melhoria de solo, a melhoria química de solo, você está colocando vários nutrientes, macro e micronutrientes, porque eles adicionam cálcio, nesse óxido de cálcio, então você está melhorando a tua estrutura de solo com adubo orgânico, você também está colocando o cálcio nesse no seu solo. Então melhora a estrutura física e química do solo, melhora a fertilidade e o índice de produtividade e com isso, com certeza a gente vai ter uma produtividade melhor (Entrevista PR- 07).

Dessa maneira, evidenciou-se a satisfação por parte dos produtores rurais usuários do programa do lodo, que perceberam melhoras na estrutura do solo de suas propriedades, com maior retenção de água em períodos de estiagem, além da agregação de nutrientes, que favoreceram no crescimento das plantações, de forma ambientalmente responsável.

Dessa forma, salienta-se o estudo de Costa *et al*, (2018) observa que diante da necessidade de minimizar os riscos ambientais, advindos da disposição do lodo de esgoto, tem-se a utilização para fins agrícolas. Sendo um potencial solução, tendo em vista que ela proporciona incrementos positivos, tanto concernentes às características físicas, como químicas dos solos.

Para a Sanepar, a destinação agrícola consiste em uma prática sustentável na gestão do lodo, pois evita a disposição em aterros de um material com potencial de reciclagem. Além do mais, essa prática proporciona sobrevivência para os aterros licenciados e evita o risco de passivos ambientais em decorrência de má gestão ou fechamento do aterro.

A pesquisa de Bringhenti *et al* (2018) relata que o excesso de água presente nos lodos de esgoto, pode implicar em dificuldades na operação do aterro, maximizando o risco de instabilidade e diminuição da sua vida útil.

Neste sentido, salienta-se as falas dos respondentes que aduzem sobre o assunto:

[...] se o aterro sanitário falir, por exemplo, continua responsável por aquele material, pelo passivo. Se o aterro fechar, todos que mandaram resíduo para aquele aterro acabam virando parceiro na recuperação daquela área (Entrevista CIA- 07).

[...] O aterro sanitário, é importante frisar, que não é só uma disposição, é um aterramento, não é um tratamento, é o último estepe lá na cadeia da hierarquia de resíduos. Então, aquilo que eu não consigo reaproveitar, reusar ou reciclar, eu disponho em aterro sanitário, ou seja, faça o aterramento (Entrevista CIA- 06).

Assim, evidencia-se que a reciclagem agrícola do lodo, consiste em uma prática, da boa gestão do lodo para a Companhia, mas que proporciona benefícios para o produtor rural, para o meio ambiente e para a saúde pública

4.4.3 Dimensão econômicas do programa

Para a companhia de saneamento, a redução de custos de disposição em aterros, consiste em uma alternativa dispendiosa, que contempla as taxas cobradas pelos aterros licenciados.

[...] o custo que a gestão do lodo representa de 30% a 70% dos custos operacionais de uma ETE. Numa operação extremamente complexa, de várias etapas que, muitas vezes, ultrapassam as barreiras da própria estação e, às vezes, a própria fronteira da engenharia sanitária. Tendo que incluir, por exemplo, uma dinâmica do produtor rural na perspectiva da destinação final através da reciclagem agrícola (Entrevista CIA- 04).

[...] o programa da Agricultura nunca vai acabar, porque ele já é uma tecnologia consolidada, na empresa, só que os custos são elevados também, tanto agrícola, quanto para o aterro sanitário (Entrevista CIA- 11).

[...] no aspecto econômico interno, a gente pode dizer que a depender do local, o custo da destinação agrícola, ele é mais baixo do que a destinação com aterro, a depender do local... às vezes você tem um aterro, que ele está muito interessado em ter um faturamento, que daí ele baixa o preço, só para ter um faturamento ali e às vezes se for comparar com o custo da destinação agrícola, ele pode ser mais baixo. Mas em maneira geral o custo com a destinação agrícola é mais baixo e sustentável. É a velha história, não está indo para o aterro, não está sendo passivo não está lá comprometendo a estabilização do aterro não está comprometendo a geração de chorume, de gases, porque isso tem influência também, porque é matéria orgânica está reciclando (Entrevista CIA- 01).

[...] quando a gente já tem uma solução consolidada, forte, robusta, que é a destinação agrícola, ela assume uma importância ainda mais crucial nesse processo, como um todo. Eu não dependo de outros, terceiros [...] eu dependo do aterro sanitário cada vez menos, para que ele receba os lodos pelas fragilidades que o lodo impõe na operação dos aterros sanitários, diminuindo a vida útil. Então, ter uma alternativa na mão, consolidada é importante [...] Cada vez menos, os aterros sanitários estão recebendo! (Entrevista CIA- 06).

[...] do ponto de vista da companhia, nós temos o de valor pela imagem de estar atendendo requisitos, plenamente a todos os requisitos e exigências legais, quanto está ainda beneficiando o meio ambiente e os agricultores, porque é um custo que naturalmente nós temos, somos os somos obrigados a ter ele e não é um custo superior às alternativas de destinação hoje. Então, temos uma grande geração de valor sobre o poder de imagem da empresa. Outras empresas privadas, vêm buscando isso, a gente tem visto um retorno do tópico de destinação agrícola de lodo, nos congressos da ABES, agora com as empresas privadas apresentando isso (Entrevista CIA- 12).

Sob este contexto cumpre salientar o entendimento de pesquisas realizadas pela *Water Research Foundation- WRF* (2017) que os fatores de ordem econômica, não devem se sobrepor aos valores preceituados pelas empresas de serviços públicos.

Para os agricultores, o uso do lodo gerou economia com aquisição de calcário e de adubos químicos, proporcionou a aquisição de novos equipamentos agrícolas, melhores sementes, conforme segue:

[...] A matéria orgânica gera o corte de custos, é um custo a menos que a gente utiliza na agricultura! Podendo utilizar em outras coisas, investe em uma semente melhor e acaba ficando com o terreno mais produtivo (Entrevista PR- 01).

[...] economizando lá no custo, sobra mais dinheiro para outras coisas, para manutenção familiar, inclusive o rendimento da atividade melhora (Entrevista PR- 03).

Os produtores rurais usuários do programa argumentaram que após de uso do lodo em suas propriedades houve aumento na safra. Nesse sentido, cumpre destacar os trechos que relatam:

[...] A questão também da matéria orgânica (do lodo), que para gente é muito interessante e a questão da cal, porque a gente usa o calcário para correção do solo. E para a gente, é um bom benefício a questão da correção do solo, que a gente precisa fazer a diminuição dos custos (despesas com aquisição de calcário) (Entrevista PR- 01).

[...] Outro benefício, é que a Sanepar apresenta o laudo do lodo e ali, já com as quantidades que ele fornece de nutrientes, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, enxofre. E essa quantidade que a gente está adicionando de lodo, a gente já pode reduzir na quantidade de adubo imediatamente. Então, por exemplo, esse ano no meu projeto de fertilizante para a próxima safra, eu já desconto quantidade que entrou de nutrientes nesse lodo. Então já é houve economia aí direta, de receber o lodo (Entrevista PR- 03).

[...] Eu sou agricultor familiar, né! Então, assim, é bem pequena a minha área, mas assim a economia é significativa, que de repente eu estaria tendo que comprar às vezes um insumo químico, um adubo, um fertilizante químico, um calcário (Entrevista PR- 06).

[...] deu diferença na parte de produção, sim! Ano que dava seca assim, a gente era acostumado a colher de 50 a 60 sacos por hectare, e depois nessas áreas que nós fizemos, o lodo aplicado, daí ele deu um aumento de 15 a 20% por hectare na produção, me ajudou bastante (Entrevista PR- 02).[...] percebi um aumento, assim de significativo, entre de 15 a 20% de aumento de produção, depois que comecei. Isso, faz uns 3 ou 4 anos que eu estou usando[...] meu custo de produção diminuiu, por isso que eu vou continuar usando ele (o lodo) é muito bom (Entrevista PR- 04).

[...] aí depois que espalhou lodo, no ano seguinte, eu percebi que a produção aumentou bastante, teve um aumento, deixa eu ver, uns 25, 30 % mais ou menos aumentou a produção (Entrevista PR- 05).

Assim, conforme relacionado, verifica-se que o programa, se encontra em consonância com as dimensões do tripé da sustentabilidade (Elkington, 2012).

Por fim após apresentados os resultados desta dissertação, a última seção deste trabalho traz as considerações finais desta pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão de como ocorrem os processos deecoinovação no ambiente organizacional, principalmente no setor de saneamento, consiste em um interesse contínuo nos estudos na área da Administração ao contemplar perspectivas teórico-empíricas nesta pesquisa, diante de problemas de natureza social, econômica, ambiental.

Deste modo, se faz interessante para a gestão das companhias de saneamento a aplicabilidade efetiva de ecoinovações, pois o setor de saneamento possui desafios quanto a ampliação na prestação de serviços à população, principalmente quanto a coleta e tratamento de esgoto, que demanda eficácia operacional ao se gerar mais lodo oriundo do tratamento de esgoto e a constante busca por soluções concernentes à gestão do lodo.

Desta maneira, perante estes argumentos e pelo contato com a literatura, esta dissertação teve por objetivo geral, analisar como se desenvolvem os processos ecoinovativos em um programa de destinação agrícola de lodo de esgoto no setor de saneamento do estado do Paraná.

Para tanto, esta dissertação realizou um estudo de caso único, de um programa peculiar, que consiste no Programa de Destinação Agrícola do Lodo de Esgoto, idealizado pela Sanepar, com produção em escala operacional, conforme informações em documentos públicos, regulamentações e entrevistas junto aos funcionários da Companhia, IAT e agricultores usuários do programa.

Assim, delineou-se quatro objetivos específicos para que fosse possível atingir o objetivo geral.

Sendo assim, primeiro objetivo específico, que consiste em caracterizar os principais atores do programa de Destinação Agrícola do Lodo de Esgoto do Estado do Paraná e suas conexões. Evidenciando que o programa em estudo, possui como principais atores, a Companhia de Saneamento do Paraná- Sanepar, o Órgão Ambiental do Estado do Paraná, que no caso em tela, consiste no Instituto Água e Terra (IAT) e os produtores rurais como usuários do programa.

A Sanepar, é a companhia de saneamento idealizadora do programa de reciclagem agrícola, responsável pelo gerenciamento do lodo de esgoto desde sua geração, após as etapas de coleta e tratamento do esgoto até a disposição agrícola,

quando o lodo é entregue ao usuário, requerendo para tanto, o aprimoramento de várias etapas no processo de gerenciamento do lodo.

O Instituto Água e Terra (IAT) é responsável pela concessão das autorizações ambientais prévias, em consonância com a legislação, para que somente após a Sanepar possa destinar o lodo para os produtores rurais usuários do programa.

Os produtores rurais, são os usuários do programa do lodo, contribuem com o meio ambiente ao utilizar um recurso sustentável, reduzindo os impactos ambientais com a nutrição do solo, minimizando do uso de adubos químicos e desincentivando o envio para aterros sanitários.

Por conseguinte, a consolidação e solidez do programa se deve às distintas atribuições e conexões dos principais atores envolvidos, para que se cumpra a legislação, a fiscalização, a eficácia no gerenciamento do lodo e o respaldo para os produtores rurais como usuários no cultivo de suas plantações.

O segundo objetivo ora delineado, consiste em identificar os fatores motivadores para a criação do programa em estudo. Nessa esteira, evidenciou-se que a Sanepar precisava de soluções tecnológicas para aplicar em seus processos operacionais, diante da ampliação dos seus serviços de coleta e tratamento à população. Por consequência iniciaram-se pesquisas interdisciplinares sobre o lodo, a priori, em face da demanda operacional de tratamento e geração de lodo de esgotos pela Sanepar, sendo posteriormente direcionadas para a adoção de critérios agrônômicos, técnicos, econômicos, sociais e ambientais no Estado do Paraná.

Desta forma, evidenciou-se que o Programa, gerou melhor aproveitamento do espaço físico da Sanepar, que era robustamente ocupado pelo lodo de esgoto, além de contribuir com o meio ambiente ao direcionar o lodo para a reciclagem agrícola.

O terceiro objetivo delineado, consiste em identificar os avanços e desafios relacionados às tipologias ecoinovativas desenvolvidas no programa. Dentre as tipologias ou dimensões daecoinovação encontradas no programa, utilizou-se a classificação de acordo com o estudo dos autores Carrillo-Hermosilla, J., Del Rio, P., Konnola, T. (2010) que classificam em: Design; Usuário; Produtos e Serviços e Governança.

Desta maneira, evidenciou-se que em busca por soluções técnicas, diante do desafio alusivo ao gerenciamento e disposição do lodo gerado nos pátios da Sanepar desenvolveram-se diversas pesquisas nacionais e internacionais, construindo um vasto

cabedal de conhecimento, respaldado por cooperações técnicas e científicas, com a interação de distintas instituições sendo estas cooperações categorizadas na Dimensão da Governança.

Sob a Dimensão Produtos e serviços evidenciou-se o uso do lodo como fertilizante agrícola, assim como sua destinação para a agricultura, sendo considerado, uma alternativa vantajosa, por sua fonte de matéria orgânica e pela importância econômica da agricultura para o Estado do Paraná.

Para o uso seguro do lodo como fertilizante na agricultura, se fazia necessária a higienização por um meio seguro e sem custo elevado, sendo realizada a desinfecção do lodo com a adição da cal, que consiste em um material abundante e com valor acessível, também chamada de caleação, consistindo em uma inovação de produto no Brasil e no Paraná.

Deste modo a utilização do lodo de esgoto como fertilizante na agricultura foi considerada nas pesquisas como, umaecoinovação no estado do Paraná e no Brasil.

As pesquisas desenvolvidas, serviram como alicerce, para elaboração da Instrução Técnica do Órgão Ambiental do Estado do Paraná, no ano de 2002, que disciplinou os critérios para a utilização agrícola de lodo de no Estado, antes mesmos da primeira Resolução Federal sobre a temática, que se deu apenas em 2006. Deste modo, considera-se como um estímulo à antecipação de normas.

Evidenciou-se também a dimensão do usuário, em que os produtores rurais, usuários do programa, configuram-se como agentes de transformação na sociedade, pois exercem um importante papel na difusão de informações, experiências e aprendizados sobre o uso do lodo. Eles realizam a divulgação do programa, gerando maior aceitação e adesão de novos agricultores. Diante disso, percebe-se a aceitação do usuário, haja vista que os produtores rurais, cancelaram o produto, valorando seu uso, reconhecendo o potencial dos reflexos positivos do lodo, devido ao aumento de produtividade em suas propriedades.

Foi investido na estrutura Laboratório Central de Curitiba, que proporcionou a internalização da realização das análises de solo e de lodo que consiste em uma das etapas do processo de gerenciamento do lodo. O laboratório, traz maior confiabilidade nos laudos, celeridade e economia.

As pesquisas desenvolvidas, serviram como alicerce, para elaboração da Instrução Técnica do Órgão Ambiental do Estado do Paraná, no ano de 2002, que disci-

plinou os critérios para a utilização agrícola de lodo de no Estado, antes mesmos da primeira Resolução Federal sobre a temática, que se deu apenas em 2006. Deste modo, considera-se como um estímulo à antecipação de normas.

O quarto objetivo específico consiste em identificar as percepções dos principais atores quanto aos reflexos sociais, econômicos e ambientais proporcionados pelo programa.

Sob a dimensão social, a Sanepar, entende que a distribuição gratuita do lodo faz uma grande diferença na vida dos agricultores usuários do programa, principalmente dos pequenos produtores, pois proporciona a redução de custos de produção, principalmente por evitar que os produtores tenham gastos com a aquisição de calcário, pois o lodo distribuído possui adição da cal, que corrige a acidez do solo, gerando melhorias na produtividade. Além do mais o programa possibilita a permanência desses agricultores na zona rural. Outro fator que se evidenciou, foi o benefício da consultoria agrônômica, que é fornecida pelos engenheiros agrônomos do programa em estudo, pois além de não ter ônus para o produtor rural. Esta consultoria avalia as condições do solo das propriedades agrícolas e auxilia na definição das quantidades e limitações de lodo para nutrir o solo.

Quanto a perspectiva social, na visão, o IAT entende que o lodo doado possui um aspecto social importante, que traz distintos benefícios aos produtores rurais, após atendidos os critérios de sanidade pela Sanepar. Pois, trata-se de um produto de excelente qualidade para uso agrícola, com teor de nutrientes e poder de correção do solo.

Na dimensão social para os produtores rurais, evidenciou-se a satisfação por parte de todos os agricultores entrevistados quanto a gratuidade deste material e do frete. Eles consideram o lodo, um grande aliado para minimizar gastos com aquisição de calcário, esterco e adubos químicos gerando, proporcionando assim, melhor qualidade de vida, contratação de funcionários quando necessário.

No que atine à dimensão ambiental, sob o olhar da Sanepar, deste o início das pesquisas institucionais e interinstitucionais, que originaram o programa, a companhia buscou suprir não apenas a demanda operacional, quanto ao espaço físico de armazenamento do lodo. Ela alinhou as pesquisas da reciclagem do lodo, considerando o tratamento, perfil de saúde e ambiental do Estado do Paraná.

Quanto a perspectiva ambiental, o IAT relata que o programa consiste em uma alternativa ambientalmente viável, que se alinha com as exigências do órgão, em consonância com a legislação. Salienta-se que a Resolução Estadual do Paraná é mais restritiva que a Resolução Federal quanto as autorizações ambientais, pois o uso agrícola do lodo não admite erros e contaminações. O IAT entende que se trata de um programa exemplar no Brasil, desde a década de 90 e que desperta interesse de órgãos ambientais de outros Estados.

Quanto à dimensão ambiental, sob o olhar de todos os produtores rurais entrevistados, percebeu-se que eles se sentem empoderados, com senso de responsabilidade pelo meio ambiente, ao fazerem uso do lodo higienizado. Eles acreditam, que estão nutrindo o solo e as plantas, evitando assim, a destinação do lodo para o aterro sanitário. Além do mais, eles entendem que estão minimizando o desgaste do solo ao utilizarem menos produtos químicos, tornando suas terras mais férteis, com solos mais estruturados e com menor erosão.

No que concerne a dimensão econômica, sob a perspectiva da Sanepar, a companhia como geradora, precisa dar uma destinação ao lodo em suas operações de tratamento de esgoto coletados. Essa disposição do lodo, gera custos para a companhia de qualquer forma, sendo a reciclagem agrícola muito mais sustentável, pois o aterro é considerado a última alternativa no gerenciamento de lodo alinhada com a PNRS. A reciclagem evita o comprometimento da vida útil dos aterros, o lodo pode ainda desestabilizar o aterro pela sua consistência. Além do mais, se o aterro for mal gerido e falir, a companhia como geradora, responde pelo passivo ambiental.

Sob a perspectiva econômica, na visão do IAT, a disposição do lodo precisa ser viável economicamente e ambientalmente, em que pese a alternativa ambientalmente correta possa ser mais onerosa para o gerador, devendo para tanto, atender aos critérios estabelecidos pelo IAT quanto à destinação.

Sob a dimensão econômica, em relação ao uso do lodo em suas propriedades os produtores rurais, perceberam economia em suas despesas com a aquisição de calcário, refletindo em um solo mais fértil, aumento na safra, maior retorno econômico, evitando o endividamento. Evidenciou-se que o programa, proporcionou o desenvolvimento da economia local, além de possibilitar a aquisição de melhores sementes, a aquisição de maquinários agrícolas, além de contribuir com a permanência desses pequenos produtores na zona rural.

Quanto as dificuldades encontradas, percebeu-se que se faz necessária a atualização da Resolução Estadual do Paraná SEMA 021/ 2009, em consonância com a Resolução Federal CONAMA 498/ 2020, para que haja maior celeridade na liberação de lotes de lodo para a agricultura no que concerne ao tempo de cura e mais agricultores usufruam do Programa de Destinação agrícola de Lodo.

A Resolução Estadual SEMA 021/ 2009, também implica na gestão, pois pela sua rigorosidade acaba lotando o espaço físico de algumas estações de tratamento, facultando o envio para aterros sanitários.

Na quarta sessão de análise, o objetivo foi identificar os reflexos ecoinovativos de acordo com as dimensões sociais, ambientais e econômicos segundo os principais atores inseridos no programa de destinação agrícola de lodo no Paraná.

Sob a dimensão social, a Sanepar, entende que a distribuição gratuita do lodo faz uma grande diferença na vida dos agricultores usuários do programa, principalmente dos pequenos produtores, pois proporciona a redução de custos de produção, principalmente por gastar com a aquisição de calcário, pois o lodo recebido possui adição da cal, que corrige a acidez do solo, gerando melhorias na produtividade e a permanência destes agricultores na zona rural. Outro fator que se evidenciou, foi o benefício da consultoria agrônômica, que é fornecida pelos engenheiros agrônomos do programa em estudo, pois além de não ter ônus para o produtor rural. Esta consultoria avalia as condições do solo das propriedades agrícolas e auxilia na definição das quantidades e limitações de lodo para nutrir o solo.

Quanto a perspectiva social, o IAT entende que o lodo doado possui um aspecto social importante, que traz distintos benefícios aos produtores rurais, após atendidos os critérios de sanidade pela Sanepar. Pois, trata-se de um produto de excelente qualidade para uso agrícola, com teor de nutrientes e poder de correção do solo.

Na dimensão social para os produtores rurais, evidenciou-se a satisfação por parte de todos os agricultores entrevistados quanto a gratuidade deste material e do frete. Eles consideram o lodo, um grande aliado para minimizar gastos com aquisição de calcário, esterco e adubos químicos gerando, proporcionando assim, melhor qualidade de vida, contratação de funcionários quando necessário.

No que atine à dimensão ambiental, sob o olhar da Sanepar, deste o início das pesquisas institucionais e interinstitucionais, que originaram o programa, a companhia buscou suprir não apenas a demanda operacional, quanto ao espaço físico de

armazenamento do lodo. Ela alinhou as pesquisas da reciclagem do lodo, considerando o tratamento, perfil de saúde e ambiental do Estado do Paraná.

Quanto a perspectiva ambiental, o IAT relata que o programa consiste em uma alternativa ambientalmente viável, que se alinha com as exigências do órgão, em consonância com a legislação. Salieta-se que a Resolução Estadual do Paraná é mais restritiva que a Resolução Federal quanto as autorizações ambientais, pois o uso agrícola do lodo não admite erros e contaminações. O IAT entende que se trata de um programa exemplar no Brasil, desde a década de 90 e que desperta interesse de órgãos ambientais de outros Estados.

Quanto à dimensão ambiental, sob o olhar de todos os produtores rurais entrevistados, percebeu-se que eles se sentem empoderados, com senso de responsabilidade pelo meio ambiente, ao fazerem uso do lodo higienizado. Eles acreditam, que estão nutrindo o solo e as plantas, evitando assim, a destinação do lodo para o aterro sanitário. Além do mais, eles entendem que estão minimizando o desgaste do solo ao utilizarem menos produtos químicos, tornando suas terras mais férteis, com solos mais estruturados e com menor erosão.

No que concerne a dimensão econômica, sob a perspectiva da Sanepar, a companhia como geradora, precisa dar uma destinação para o lodo de suas operações de tratamento de esgoto coletados. Esta disposição, gera custos para a companhia de qualquer forma, sendo a reciclagem agrícola muito mais sustentável, pois o aterro é considerado a última alternativa no gerenciamento de lodo alinhada com a PNRS. A reciclagem evita o comprometimento da vida útil dos aterros, o lodo pode ainda desestabilizar o aterro pela sua consistência. Além do mais, se o aterro for mal gerido e falir, a companhia como geradora, responde pelo passivo ambiental.

Sob a perspectiva econômica, na visão do IAT, a disposição do lodo precisa ser viável economicamente e ambientalmente, em que pese a alternativa ambientalmente correta possa ser mais onerosa para o gerador, devendo para tanto, atender aos critérios estabelecidos pelo IAT quanto à destinação.

Sob a dimensão econômica, em relação ao uso do lodo em suas propriedades os produtores rurais, perceberam economia em suas despesas com a aquisição de calcário, refletindo em um solo mais fértil, aumento na safra, maior retorno econômico, evitando o endividamento dos agricultores. Evidenciou-se que o programa, proporcionou o desenvolvimento da economia local, além de possibilitar a aquisição de

melhores sementes, a aquisição de maquinários agrícolas, além de contribuir com a permanência desses pequenos produtores na zona rural.

Em conjunto com as evidências encontradas em cada objetivo específico abordado, conclui-se, que a pesquisa reside sob o olhar ecoinovativo do programa, refletindo nas perspectivas sociais, ambientais e econômicas, dinamicamente incorporadas.

Desta maneira, esta pesquisa, evidenciou os processos ecoinovativos desenvolvidos no Programa de Destinação Agrícola do Lodo de Esgoto sob a lente teórica da ecoinovação e a proposta do tripé do desenvolvimento sustentável ou *Tripple Bottom Line* de Elkington (2012) que busca pela responsabilidade ambiental, uma sociedade mais justa e viável ambientalmente.

Deste modo, evidenciou-se que o programa em estudo, faz a destinação agrícola do lodo para o agricultor de forma gratuita, favorece o aumento na safra pelo potencial de nutrientes presentes no lodo, beneficiando os solos. Além do mais, o lodo pode possibilitar a minimização de despesas dos produtores rurais com a aquisição de outros insumos agrícolas, contribuindo com melhorias na qualidade de vida dos produtores usuários do programa e da comunidade local.

Este trabalho, pode contribuir como instrumento de apoio, incentivo e desenvolvimento de iniciativas fomentadoras de processos de reciclagem de agrícola de lodo em diferentes estados brasileiros. Podendo assim, evitar que este material nobre, detentor de potencial agronômico, seja destinado para aterros sanitários. Além disso, a prática da utilização do lodo do programa paranaense, pode ser difundida para outras companhias de saneamento, inclusive privadas, permitindo que um número maior de agricultores seja beneficiado com este tipo de fertilizante orgânico.

Os resultados deste trabalho, poderão ser utilizados como instrumentos de apoio, incentivo e desenvolvimento de iniciativas fomentadoras de processos de reciclagem de agrícola de lodo no país. Podendo evitar que este material detentor de potencial agronômico, seja destinado para aterros sanitários.

Além disso, reitera-se, que as tipologias ecoinovativas desenvolvidas no programa paranaense, podem ser difundidas, para outras companhias de saneamento, permitindo que mais produtores rurais familiares brasileiros, sejam beneficiados, com esse tipo de fertilizante orgânico.

Por conseguinte, se verifica-se a importância do programa de uso agrícola do lodo, enfatizando-se que sua disseminação sob o contexto brasileiro, pode suprir distintas demandas, como necessidades locais, proporcionando reflexos sob as dimensões social, ambiental e econômica, para a organização, produtores rurais usuários do programa, corroborando desta forma, com a preservação ambiental e toda a sociedade.

Assim, no que atine às contribuições, evidenciou-se a aproximação realizada entre a perspectiva teóricaecoinovativa, com a investigação de um caso do programa de reciclagem agrícola de lodo no Estado do Paraná, que se destaca pela sua singularidade desde os anos 90. Sendo um paradigma para outros estados brasileiros, em face das exigências legais e regulamentadoras restritivas quanto ao uso agrícola do lodo.

Sugere-se que trabalhos futuros poderiam desenvolver uma pesquisa comparando as tecnologias de secagem e higienização do lodo utilizadas no Paraná e no Brasil, com outros países que já fazem uso do lodo na agricultura há mais tempo. Também seria interessante realizar um estudo semelhante, sobre a reciclagem agrícola do lodo em outros estados brasileiros. Tendo em vista que este trabalho delimitou o Estado do Paraná, sendo as conclusões limitadas sob este contexto. Desse modo, em que pese, os atores participantes desta pesquisa, tenham fornecido relevantes elementos e tenha ocorrido a saturação destes dados, com o fornecimento das informações prestadas nas entrevistas. Cumpre relatar as limitações encontradas pela pesquisadora.

Pois, embora tenham sido realizadas 21 entrevistas, entre as três categorias de atores do programa de destinação agrícola de lodo. Apenas duas entrevistas foram com o Órgão Ambiental do Paraná- IAT. Isto se deve à dificuldade de entrevistar os atores do Órgão Ambiental do Paraná, considerados elegíveis para o objeto de pesquisa, pois eles integram uma Câmara Técnica que é estipulada por uma Portaria. Sendo que esse quadro da Câmara Técnica, consiste em quadro pessoal muito reduzido, pois seus integrantes são responsáveis pelas autorizações no Paraná todo. Além do mais, esses servidores possuem muitas atribuições e viajam bastante, o que dificultou no agendamento das entrevistas.

Outra limitação encontrada, foi atinente ao acesso dos contatos dos Produtores Rurais usuários do programa do lodo. A pesquisadora não tinha a faculdade de eleger

esses produtores, tendo que solicitar a indicação do contato por parte da equipe de engenheiros agrônomos pertencentes às cinco regiões do Estado. Além do mais, os contatos dos agricultores só poderiam ser fornecidos após o respectivo consentimento. Sendo entrevistados para tanto, sete produtores rurais usuários do programa, vinculados às cinco Gerências responsáveis. Desta forma a ampliação do número de entrevistados, por categorias de atores do programa pesquisado poderia maximizar a robustez dos resultados deste estudo.

REFERÊNCIAS

AEN. Agência Estadual de Notícias. **Sanepar ganha prêmio nacional de inovação pela prática de reutilização de lodo de esgoto**. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Sanepar-ganha-premio-nacional-de-inovacao-pela-pratica-de-reutilizacao-do-lodo-de-esgoto>. Acesso em: 11 jun.2023.

AEN. Agência Estadual de Notícias. **Sanepar publica edital que busca parceiros para transformar lodo de esgoto em fertilizante**. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Sanepar-publica-edital-que-busca-parceiros-para-transformar-lodo-de-esgoto-em-fertilizante>. Acesso em: 04 Maio de 2023.

AEN. Agência Estadual de Notícias. **Tecnologia japonesa vai impulsionar compostagem de lodo de esgoto na Sanepar**. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Tecnologia-japonesa-vai-impulsionar-compostagem-de-lodo-de-esgoto-na-Sanepar>. Acesso em 20/11/2024.

AESBE. Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. Sanepar é eleita a melhor do mundo em ações para a universalização do saneamento. Disponível em: <https://aesbe.org.br/novo/sanepar-e-eleita-a-melhor-do-mundo-em-acoes-para-a-universalizacao-do-saneamento>. Acesso em: 20 jun. 2024.

AGENDA 21 BRASILEIRA: ações prioritárias. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-brasileira.html>. Acesso em: 11 jun. 2023

ALMADA, S. R.; SANTOS, S. M.; CABRAL, A. C. A.; PESSOA, M. N. M. Dimensões do Desenvolvimento Sustentável Local: Impactos do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel na Agricultura Familiar na Região do Quixadá, Ceará. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, Vol. 3, N. 1, Jan./ Abr. 2014.

ALOISE, P. G.; MACKE J. Eco-innovations in developing countries: the case of Manaus Free Trade Zone (Brazil). *Journal Cleaner Production*, v. 168, p. 30-38, 2017.

ALOISE, P. G.; NODARI, C. H.; DORION, E. C. H. Ecoinovações: um ensaio teórico sobre conceituação, determinantes e achados na literatura. **Interações**, Campo Grande, MS, v. 17, n. 2, p. 278-289, 2016.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Ministério do Desenvolvimento Regional. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: 11 jun. 2023.

ANDREOLI, C. V.; FERREIRA, A. C. **Produção e características dos biossólidos**. In: ANDREOLI, C. V. (Ed. Tec.): uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura. Curitiba: Sanepar, 1999.

ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I.; FERNANDES, F. **Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções**. 2.ed. Curitiba: Sanepar; Finep, 2001. 288p.

- ANDREOLI, C. V.; FERREIRA, A. C. C.; TELES, C. R.; CARNEIRO, C.; FERNANDES, F. Higienização do Lodo de Esgoto. *In*: ANDREOLI, Cleverson V. (Coord.). **Resíduos sólidos do saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: RiMa, ABES, **2001**. 282 p.
- ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Orgs.). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 6. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG; Curitiba: SANEPAR, 2014. 484 p.
- ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, Charles (Orgs.). **Tecnologias potenciais para o saneamento**: produto da integração universidade–empresa. 2. ed. Curitiba, PR: SANEPAR, 2015. 271 p.
- ANÍCIO, S.O.; SALAZAR, B.F.C.; FERRAZ, J.A.; SILVEIRA, L.; DICTORO V.P.; MALHEIROS, T.F. Economia circular em estações de tratamento de esgotos: mapeamento na literatura científica, investigação no contexto das bacias hidrográficas PCJ e ferramenta de tomada de decisão. **Revista de Inovação e Sustentabilidade RISUS** , v. 13, n. 4, pág. 83-102, 2022.
- ARAÚJO, V. S.; SILVA, M.O.; BRITO, A. S. SOUSA, I.L.; NUNES, F.C.; SOUZA, J.F.M.; OLIVEIRA, I.V.; SILVA, C. R.; CARVALHO, F.I. M.; SILVA, J.N.; SILVA, V. F. A.; SILVA, P.A. Lodo de esgoto e suas potencialidades agrícolas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, 2022.
- ARAÚJO, F. C.; BERTUSSI, G. L. Saneamento básico no Brasil: estrutura tarifária e regulação. **Planejamento e políticas públicas**, n. 51, 2018.
- AZEVEDO, G. S.; BRANDEBURG, M.; CARVALHO, H.; CRUZ-MACHADO, V. (eds) **Eco-innovation and the Development of Development of Business Models: lessons from experiences e new frontiers in Theory and Practice**. Springer, 2014. (Cap 1) Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Mette-Mosgaard/publication/291584693_Light_Island_Ferries_in_Scandinavia_A_Case_of_Radical_Eco-innovation/links/5e9826134585150839e086b3/Light-Island-Ferries-in-Scandinavia-A-Case-of-Radical-Eco-innovation.pdf. Acesso em: 10 jul 2023.
- BAMMENS, Y.; HÜNERMUND, P. Ecological community logics, identifiable business ownership, and green innovation as a company response. **Research Policy**, v. 52, n. 8, p. 104826, 2023.
- BARBIERI, J. C. **Inovação e desenvolvimento sustentável**: da inovação convencional àecoinovação sustentável. São Paulo: Blucher, p. 324, 2024.
- BARBIERI, J. C. **Desenvolvimento sustentável**: das origens à Agenda 2030. Editora Vozes, 2020.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**: edição revista e ampliada. São Paulo: Edições, v. 70, p. 280, 2016.

BIANCHETTI, F.J.; BRANDT, E. M. F.; Santos, H. A.; CHERNICHARO, C. A. D. L. Ferramenta computacional para gestão da recuperação energética e da pegada de carbono em estações de tratamento de esgoto baseadas em reatores anaeróbios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 28, 2023.

BÍSCOLI, F.R.V.; SILVEIRA, A. D.; CARVALHO, A. P.; CUNHA, S. K. Dimensões daecoinovação em empresas instaladas nos parques tecnológicos do estado do Paraná. **Revista Competitividade e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 72-99, 2016.

BITTENCOURT, S.; ANDREOLI, C. V.; MOCHIDA, G.A.; SOUZA, L. M. K. M. Uso agrícola de lodo de esgoto, estudo de caso da Região Metropolitana de Curitiba. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2009.

BITTENCOURT, S.; ANDREOLI, C. V.; MOCHIDA, G. A.; SERRAT, B. M. Uso agrícola de lodo de esgoto no estado do Paraná. *In*: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. (Ed.). **Uso Agrícola de Lodo de Esgoto: avaliação após a Resolução nº 375 do Conama**. Botucatu: FEPAF, 2010. p. 281-300.

BITTENCOURT, S.; AISSE, M. M.; SERRAT, B. M. Gestão do uso agrícola do lodo de esgoto: estudo de caso do estado do Paraná, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22 n. 6, p. 1129-1139, nov./dez. 2017.

BORDONALLI, A. C. O.; MENDES, C. G.N. Reúso de água em indústria de reciclagem de plástico tipo PEAD. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, p. 235-244, 2009.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Diário Oficial da União, Brasília, 05 out. 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 28 jul. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 8.892, de 27 outubro de 2016**. Cria a Comissão Nacional para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Diário Oficial da União, Brasília, 31 out. 2016a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/decreto/d8892.htm. Acesso em: 27 jul.2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 369 de 2006**. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente
Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5486>. Acesso em: 27 jul.2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 375 de 2006**. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente.

Disponível em:

https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=documento.download&id=22347. Acesso em: 27 jul.2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 498 de 2020**. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em:

https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=797.

Acesso em: 27 jul.2023.

BRASIL. **Lei nº11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico.

Brasília. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 02 abril 2022.

BRASIL. **Lei nº12.305, de 02 de agosto de 2010**. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Casa Civil, 2010. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 02 abril 2022.

BRASIL. **Lei nº14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Brasília: Casa Civil, 2020. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm Acesso em: 02 abril 2022.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 375**. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n. 167, p. 141-146, 30 ago 2006.

BRASIL. **Decreto nº 7.495, de 07 de junho de 2011**. Cria a Comissão Nacional para a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, o Comitê Nacional de Organização da Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável e dispõe sobre o remanejamento de cargos em comissão do Grupo-Direção e Assessoramento Superiores – DAS.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Lei do Saneamento. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. 2007.

CARSON, R. **Primavera silenciosa** (1962). São Paulo, Brasil: Edições Melhoramentos, 2013.

CARRILLO-HERMOSILLA, J.; DEL RÍO, P.; KÖNNÖLÄ, T. Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies. **Journal of cleaner production**, v. 18, n. 10-11, p. 1073-1083, 2010.

CARVALHO, G. O. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma visão contemporânea. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 789-792, 2019.

COENEN, L.; LÓPEZ, F. J. D. Comparing systems approaches to innovation and technological change for sustainable and competitive economies: an explorative study into conceptual commonalities, differences and complementarities. **Journal of cleaner production**, v. 18, n. 12, p. 1149-1160, 2010.

COLLIVIGNARELLI, M. C.; CANATO, M.; ABBA, A.; MIINO, M. C. Biosolids: what are the different types of reuse? **Journal of Cleaner Production**, v. 238, p. 117844, 2019.

CMMAD. Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/6bc5afb1-2111-438c-8c8b-4ef6f816713a/content>. Acesso em 27 jul. 2023.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (UNCSD). **Rio + 20**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20.html. Acesso em: 27 jul. 2023.

COSTA, T. G. A., CUNHA, L. M.; FREITAS I. B.; COELHO, J. V.; SANTOS, J. G. P.; CLEMENTINO, G. E. S. Tratamento alcalino de lodo de esgoto no preparo do bio sólido como alternativa de adubo orgânico. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 13, p. 374-377, 2018.

CUNHA, G.D.; LIMA, J. A. V.; STACIHW, R.; TRONCO, K. M. Q. Caracterização e destinação ambientalmente corretas do lodo gerado pelas estações de tratamento de água. **Nature and Conservation**, v. 12, n. 2, p. 19-30, 2019

DOSI, G. Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation. **Journal of economic literature**, p. 1120-1171, 1988.

ELANGO, D. et al. Production of biogas from municipal solid waste with domestic sewage. *Journal of hazardous materials*, v. 141, n. 1, p. 301-304, 2007.

ELKINGTON, J. **Sustentabilidade, canibais com garfo e faca**. São Paulo. M. Books do Brasil Editora Ltda. 2012.

ELKINGTON, J. 25 years ago I coined the phrase “triple bottom line.” Here’s why it’s time to rethink it. **Harvard business review**, v. 25, p. 2-5, 2018.

ELZEN, B.; WIECZOREK, A. Transitions towards sustainability through system innovation. **Technological forecasting and social change**, v. 72, n. 6, p. 651-661, 2005.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **Cadernos Ebape. BR**, v. 15, p. 667-681, 2017.

FREEMAN, C; PÉREZ, C. “**Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour**”, in G.Dosi et al. eds. *Technical Change and Economic Theory*. London: Francis Pinter, 1988.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2008.

FREIRE, A. L. **Saneamento básico**: conceito jurídico e serviços públicos. Enciclopédia jurídica da PUC-SP. Celso Fernandes Campilongo, Alvaro de Azevedo Gonzaga e André Luiz Freire (coords.). Tomo: Direitos Difusos e Coletivos. Nelson Nery Jr., Georges Abboud, André Luiz Freire (coord. de tomo), v. 1. 2020.

FOXON, T; ANDERSEN, M. M. The greening of innovation systems for eco-innovation–towards an evolutionary climate mitigation policy. In: DRUID Summer Conference-Innovation, Strategy and Knowledge. 2009.

FUSSLER, C.; JAMES, P. **Driving eco-innovation**: a breakthrough discipline for innovation and sustainability, London: Pitman Publishing, 1996.

GARCÍA-CASTILLO, C.; MALDONADO-VOLLALPANDO, E.; SEGUÍ-AMÓRTEGUI, L.; GUERRERO-GARCÍA-ROJAS, H. Circular Economy, Eco-Innovation and a Business Model for the Operation of Wastewater Treatment Plants in Mexico. *Resources* 2024, 13, 87.

GAVA, E. ; ARAÚJO, A. D. L.; PEREIRA, R.M. Open Innovation and Public Basic Sanitation Services. **Dimensión Empresarial**, v. 18, n. 4, p. 1- 21, 2020.

GLOBAL Compact Office. **Who Cares Wins**. 2005. Disponível em: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/sustainability-at-

[ifc/publications/publications_report_whocareswins2005___wci_1319576590784](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/publications/publications_report_whocareswins2005___wci_1319576590784)>. Acesso em: 12 jul. 2023.

GRANADOS, C.; AYALA, Y.; RAMOS-MEJIA, M. Is it substantive or just symbolic? Understanding innovation theater in organisations: The case of technology-based innovation. **Technovation**, v. 129, p. 102880, 2024.

HART, S. L.; AHUJA, G. Does it pay to be green? An empirical examination of the relationship between emission reduction and firm performance. **Business strategy and the Environment**, v. 5, n. 1, p. 30-37, 1996.

HART, S. L.; MILSTEIN, M.B. **Criando valor sustentável**. GV-executivo, v. 3, n. 2, p. 65-79, 2004.

HART, S. L.; DOWELL, G. Invited editorial: A natural-resource-based view of the firm: Fifteen years after. **Journal of management**, v. 37, n. 5, p. 1464-1479, 2011. DOI: 10.1177/0149206310390219

HART, S. L. Beyond Greening: strategies for a sustainable world. *Harvard business review*, v. 75, n. 1, p. 66-77, 1997.

HIRATA, D.; KNISS, C. T.; QUONIAM, L. O uso de informações patentárias para a valorização de resíduos industriais: o caso do lodo de tratamento de esgoto doméstico. **Revista de Ciências da Administração**, v. 17, n. 43, p. 55-71, 2015. DOI: 10.5007/2175-8077.2015v17n43p55

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento 2022**. Disponível em <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2023/>. Acesso em 23 maio. 2023.

JANNUZZI, C. A S.C; SUGAHARA, C. R.; FEREEIRA, D. H. L.; FALSARELA, O. M.; MARIOSA, D. F. Olhar interdisciplinar da sustentabilidade na busca de fontes de informação sobre a água no Brasil. **Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares**, v. 1, p. 1-15, 2020.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7^a ed. Rio de Janeiro: SEGRAC, 2014.

KEMP, René. Technology and the transition to environmental sustainability: the problem of technological regime shifts. **Futures**, v. 26, n. 10, p. 1023-1046, 1994.

KEMP, R.; ARUNDEL, A. Survey indicators for environmental innovation. 1998.

KEMP, R.; FOXON, T. Typology of eco-innovation. **Project Paper: Measuring EcoInnovation**, p. 1-24, 2007.

KIEFER, C. P.; CARRILLO- HERMOSILLA, J.; DEL RÍO, P.; BARROSO, F. J. C.

Diversity of eco-innovations: A quantitative approach. **Journal of cleaner production**, v. 166, p. 1494-1506, 2017.

KNOPIK, M. A.; RUFINE, R.; BITTENCOURT, S.; GASPAROTTO, F. Aporte de nutrientes em solos tratados com lodo de esgoto: estudo de caso da região de Campo Mourão, Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 7, n. 3, p. 379-389, 2018.

KOELLER, P. M.; LUSTOSA, M. C. J.; PODCAMENI, M. G. Eco inovação: revisitando o conceito. 2020. Disponível em:

https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_2556.pdf.

Acesso em: 21 Jun 2023.

JACOMOSSI, R. R.; JUNGER, A. P.; MORAES, D. M. G. Determinantes e desafios da eco inovação por meio de um estudo de caso. **Humanidades & Inovação**, v. 6, n. 12, p. 100-112, 2019.

JANNUZZI, C. A. S. C.; SUGAHARA, C. R.; FERREIRA, D. H. L.; FALSARELLA, O. M.; MARIOSIA, D. F. Olhar interdisciplinar da sustentabilidade na busca de fontes de informação sobre a água no Brasil. **Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares**, v. 1, p. 1-15, 2020.

JONAS, H. **O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica**. Digitaliza Conteúdo, 2006.

KNOPIK, M. A.; RUFINE, R.; BITTENCOURT, S.; GASPAROTTO, F. Aporte de nutrientes em solos tratados com lodo de esgoto: estudo de caso da região de Campo Mourão, Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 7, n. 3, p. 379-389, 2018.

KOELLER, P.; MIRANDA, P.; LUSTOSA, M. C. J.; PODCAMENI, M. G. Eco inovação: revisitando o conceito. 2020. Disponível em

Koeller, P., Miranda, P., Lustosa, M. C. J., & Podcameni, M. G. (2020). Eco inovação: revisitando o conceito.

LOPES, H. C. O modelo estrutura-conduta-desempenho e a teoria evolucionária neoschumpeteriana: uma proposta de integração teórica. **Revista de economia contemporânea**, v. 20, p. 336-358, 2016.

MAÇANEIRO, M. B.; CUNHA, S. K. **Eco-inovação**: um quadro de referência para pesquisas futuras. In: Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, 26, 2010, Vitória. Anais. Vitória: S.n., 2010. p. 1 - 17. DOI: 10.24212/2179-3565.2018v9i3p53-74

MAÇANEIRO, M. B.; CUNHA, S. K.; CUNHA, J. C.; KUHL, M.R.; STEINER NETO, P. J..The position of a company in the production chain of the pulp and paper industry focusing on the adoption of eco-innovation strategies. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 11, n. 4, p. 1104-1124, 2018.

MACHADO M.F.S.; FIGUEIREDO, R. F.; CORAUCCI FILHO, B. Produção brasileira de lodos de esgotos. **Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, v.22, n.22, p. 66-74, jul./dez. 2004. Disponível em: <<https://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/SanareN22.pdf>>. Acesso em 3 ago. 2023.

MARCHUK, S.; TAIT, S.; SINHA, P.; HARRIS, P.; ANTILLE, D. L.; MCCABE, B. K. Biosolids-derived fertilisers: A review of challenges and opportunities. **Science of the Total Environment**, v. 875, p. 162555, 2023.

MENDONÇA, A. T. B. B. **O processo de Transição Sociotécnica para a Eco-Inovação a partir da Relação Multinível**: O Caso dos Programas da Itaipu Brasil. 2014. Tese (Doutorado em Administração) – Programa de Pós Graduação em Administração da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MOLINA, M. C. G. Desenvolvimento sustentável: do conceito de desenvolvimento aos indicadores de sustentabilidade. **Revista Metropolitana de Governança Corporativa**, v. 4, n. 1, p. 75-93, 2019.

MOREIRA, F. D.; LOBATO, L.C.S.; DEL REI, F. L. Aproveitamento de subprodutos em sistemas de tratamento de esgoto para pequenos municípios. **Caderno de Notas Técnicas**.2022

MURTHA, N. A.; CASTRO, J. E.; HELLER, L. Uma perspectiva histórica das primeiras políticas públicas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, p. 193-210, 2015.

NELSON, R. R. **Sistemas nacionais de inovação**: retrospecto de um estudo. As fontes do crescimento econômico. Campinas. Editora da Unicamp, p. 427-69, 2006.

NELSON, R. R. **As Fontes do Crescimento Econômico**. Campinas. Editora da Unicamp, 2006.

NELSON, R. R.; WINTER, S. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2005.

NGUYEN, Minh Duc et al. Beneficial reuse of water treatment sludge in the context of circular economy. **Environmental Technology & Innovation**, v. 28, p. 102651, 2022.

OECD/Eurostat. **Oslo Manual 2018**: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation, 4th Edition, The measurement of scientific, technological and innovation activities, OECD, Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg, 2018.

Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/oslo-manual-2018_9789264304604-en.html. Acesso em: 11 Jun. 2024.

OLIVEIRA, S. R. S. L.; SILVA, V. S. Sustentabilidade ambiental e inovação tecnológica: caminhos àecoinovação. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 14, n. 1, jan./abr. 2023.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova Iorque, 25 set. 2015a.

Disponível em: Acesso em: 11 out. 2024. https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 21, Capítulo 21**: Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com os esgotos. *In*: CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E O DESENVOLVIMENTO (CNUMAD), 1992, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global/item/681.html>. Acesso em: 21 Jun. 2024.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável**. Centro Regional de Informação para a Europa Ocidental, 2015b. Disponível em: Indicadores dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – Brasil. <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>). Acesso em: 21 Jul. 2023.

ONU. Organização das Nações Unidas. **World Population Prospect. ONU**, 2017. Disponível em: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf. Acesso em: 27 Jul. 2023.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto Ambiental do Paraná. Instrução Técnica CEP/DTA N. 001/2002. Dispõe sobre a utilização agrícola de lodo de estação de tratamento de esgoto sanitário. Disponível em: 27 Jul. 2023

PARANÁ. Resolução Sema 021/09. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-

11/resolucao_sema_21_2009_licenciamento_padroes_ambientais_saneamento.pdf. Acesso em: 27 Jul. 2023

PARANÁ. Portaria nº 399, 09 de outubro de 2024. Instituto Água e Terra. Disponível em: https://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form_cons_ato1.asp?Codigo=6521. Acesso em: 10 Out. 2024.

PEDROZA, M. M. Domestic sewage sludge: physical, chemical and biological characteristics. **Revista Multidebates**, p. 206-218, 2019.

PFOTENHAUER, S. M.; WENTLAND, A.; RUGE, L. Understanding regional innovation cultures: Narratives, directionality, and conservative innovation in Bavaria. **Research Policy**, v. 52, n. 3, p. 104704, 2023.

PIMENTA, M. F.; NARDELLI, A. M. B. Desenvolvimento sustentável: os avanços na discussão sobre os temas ambientais lançados pela conferência das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável, Rio+ 20 e os desafios para os próximos 20 anos. **Perspectiva**, v. 33, n. 3, p. 1257-1277, 2015.

PINSKY, V. C.; MORETTI, S. L. A.; KRUGLIANSKAS, I.; PLONSKI, G. A. Inovação sustentável: uma perspectiva comparada da literatura internacional e nacional. **RAI Revista de Administração e Inovação**, v. 12, n. 3, p. 226-250, 2015. DOI: 10.11606/rai.v12i3.101486.

PNUD. United Nations Development Programme. Acompanhando a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável: subsídios iniciais do Sistema das Nações Unidas no Brasil sobre a identificação de indicadores nacionais referentes aos objetivos de desenvolvimento sustentável/Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Brasília: PNUD, 2015. 250 p.

PORTER, M.E. **From competitive advantage to corporate strategy**. Macmillan Education UK, 1989.

PORTER, M.E.; VAN DER LINDE, Claas. Green and Competitive: Ending the Stalemate, **Harvard Business Review**, 1995.

PFOTENHAUER, S. M.; WENTLAND, A.; RUGE, L. Understanding regional innovation cultures: Narratives, directionality, and conservative innovation in Bavaria. **Research Policy**, v. 52, n. 3, p. 104704, 2023.

RAUTER, Romana; GLOBOCNIK, Dietfried; BAUMGARTNER, Rupert J. The role of organizational controls to advance sustainability innovation performance. **Technovation**, v. 128, p. 102855, 2023.

ROSA, André Pereira; NEVES, Renato Cruz; DE LEMOS CHERNICHARO, Carlos Augusto. Aproveitamento energético dos subprodutos, lodo e biogás, a partir do

tratamento anaeróbio de efluentes pelo uso de processos termoquímicos. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 1, p. 26-34, 2018.

RENNINGS, Klaus. **Towards a theory and policy of eco-innovation-Neoclassical and (Co-) Evolutionary Perspectives**. ZEW Discussion Papers, 1998.

RENNINGS, K. Redefining innovation- eco-innovation research and the contribution from ecological economics. **Ecological economics**, v. 32, n. 2, p. 319-332, 2000.

REID, Alasdair; MIEDZINSKI, Michal. Eco-innovation. **Final report for sectoral innovation watch. Europe Innova. Technopolis group**, v. 60, p. 80-91, 2008.

RIETOW, J. C.; AISSE, M. M.; BARÉA, L. C.; ANDREOLI, C. V.; POSSETTI, G. R. C. Consolidação da tecnologia de reatores UASB no estado do Paraná para o tratamento de esgotos sanitários. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 28, 2023.

RIETOW, J. C.; POSSETTI, G. R.; CARNEIRO, C.; GERVASNI, R.; AISSE, M. M.; NOYOLA, A. R. Aproveitamento do biogás produzido em reatores anaeróbios de fluxo ascendente de manta de lodo para a secagem térmica de lodos de estações de tratamento de esgoto. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, p. 347-356, 2022.

RODRIGUES, K. F; RIPPEL, R. Desenvolvimento sustentável e técnicas de mensuração. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 3, p. 73-88, 2015. DOI: 10.5585/geas.v4i3.387.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 5. ed. Nova York: Free Press, 1983.

ROSA; CHERNICHARO; MELO. Contribuição para o aproveitamento energético do lodo de ETEs em processos térmicos. **Revista DAE**, Edição, n. 198, p. 55-62, 2015.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodologia de pesquisa**. Porto Alegre: Amgh. Série Métodos de Pesquisa, 2013.

SANEPAR. Sanepar: perfil. Disponível em: <https://site.sanepar.com.br/sustentabilidade/destinacao-agricola-lodo-esgoto>. Acesso em: 24 nov. 2023.

SANEPAR. Relatório da Administração e Demonstrações Contábeis. 2023 <https://ri.sanepar.com.br/docs/Demonstracoes-Financeiras-Anuais-Completas-Sanepar-2023-12-31-pg8MKJFq.pdf>. Acesso em: 10 Abr. 2024a.

SANEPAR. Relatório de Materialidade. Disponível em: <https://ri.sanepar.com.br/apresentacoes-e-relatorios/relatorios-anuais>. Acesso em 10 Abr. 2024. 2024b.

SCHOT, J.; GEELS, F.W. Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. **Technology analysis & strategic management**, v. 20, n. 5, p. 537-554, 2008.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. (Editado por George Allen e Unwin Ltd., traduzido por Ruy Jungmann). Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e ciclo econômico. (traduzido por Maria Sílvia Possas). São Paulo: Nova Cultural, 1985.

SNIS. Relatório Temático de Serviços de Água e Esgoto do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel/>> Acesso em: 27 de fev. de 2023.

SPERLING, M. V.; ANDREOLI, C. V. **Lodo de esgotos**: tratamento e disposição final. **Belo Horizonte: DESA-UFMG**, p. 13-16, 2001.

SUGAHARA, C. R.; RODRIGUES, E. L. Desenvolvimento Sustentável: um discurso em disputa. **Desenvolvimento em Questão**, v. 17, n. 49, p. 30-43, 2019.

YIN, R. K. **Estudo de Caso**: Planejamento e métodos. Bookman editora, 2015.

TIDD, J.; BESSANT, J. Innovation management challenges: From fads to fundamentals. **International Journal of Innovation Management**, v. 22, n. 05, 2018.

TIGRE, P. B. Paradigmas tecnológicos e teorias econômicas da firma. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 4, n. 1, p. 187-223, 2005.

UNEP. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Sanitation, wastewater management and sustainability: From waste disposal to resource recovery**. 2016 Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/sanitation-wastewater-management-and-sustainability-waste-disposal-resource>. Acesso em: 28 de fev. de 2024.

UNRIC. Centro Regional de Informação das Nações Unidas. Objetivos de desenvolvimento sustentável para transformar o mundo. Disponível em: <https://www.unric.org/pt/17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 17 jul. 2023.

UNITED NATIONS (UN). **Agenda de Desenvolvimento Sustentável é adotada por unanimidade pelos 193 Estados-membros da ONU**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/70886-agenda-de-desenvolvimento-sustentavel-C3%A1vel-C3%A9-adotada-por-unanimidade-pelos-193-estados-membros-da>. Acesso em: 17 jul. 2023.

UNITED NATIONS (UN). **Report of the world commission on environment and development: our common future**. [s.l.]: UN, 1987. Disponível em: https://digitallibrary-un.org.translate.goog/record/139811?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=sc. Acesso em: 17 jul. 2023.

UNITED NATIONS (UN). Direito Humano à Água e ao Saneamento. 2015. Disponível em: https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_milestones_por.pdf. Acesso em: 17 jan. 2024.

VASCONCELOS, E. U. D.; CABRAL, A. C. D. A.; SANTOS, S. M. D.; OLIVEIRA, L. M. S. Inovação aberta em companhias de saneamento básico brasileiras. **REAd. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)**, v. 29, n. 3, p. 599-626, 2023.

VENDITTI, M. V. R. Fontes de inovação em empresas de saneamento básico brasileiras. *Inovae. Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation*, v. 8, n. 1, p. 287-308, 2020.

VENDITTI, M. V. R.; PAMPLONA, J.B. Cooperação para inovação em empresas de saneamento básico brasileiras. **Revista DAE**, v. 68, n. 226, p. 75-90, 2020.

WBCSD. World Business Council for Sustainable Development. **Vision 2050: The new agenda for business**, 2010. Disponível em: https://www.wbcsd.org/Overview/About-us/Vision_2050/Resources/Vision-2050-The-new-agenda-for-business. Acesso em: 7 ago. 2023.

WCED (Water Environment & Reuse Foundation), 2016. Disponível em: <https://www.waterrf.org/research/projects/fostering-innovation-within-utilities>. Acesso em: 1 abr. 2024.

WCED (World Commission on Environment and Development). **Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

WRF (Water Research Foundation). **Fostering Innovation Within Water Utilities**, 2017. Disponível em: https://www-waterrf-org.translate.google.com/research/projects/fostering-innovation-within-utilities?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt-BR&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=scWater Research Foundation. Acesso em: 1 abr. 2024.

XAVIER, A. F.; NAVEIRO, R. M.; REYES, T.; AOUSSAT, A.; LUÍZ, L. O. Modelos de maturidade da Eco-inovação: Lacunas e oportunidades para pesquisas futuras. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 44160-44186, 2020.

ZAGALLO, S. A. **Esgotamento sanitário e vulnerabilidade social**: um estudo de caso em São Luís–MA com a utilização de técnicas de geoprocessamento. 2018.

SCHUSTER, Z. L. L. **Sanepar ano 30: resgate da memória do saneamento básico do Paraná**. Sanepar, 1994.

ZAVELINSKI, J. E.; NASCIMENTO, T.C.; DE MENDONÇA, A. T.B.B. Ecoinovação para a agricultura familiar: uma investigação da transformação de lodo de esgoto em fertilizante agrícola. **Organizações e Sustentabilidade**, v. 10, n. 1, p. 78-98, 2022.

ZHANG, H.; VOROBAYCHIK, Y. Empirically grounded agent-based models of innovation diffusion: a critical review. **Artificial Intelligence Review**, v. 52, p. 707-741, 2019.

APÊNDICE A - Roteiro de Entrevistas- CIA de Saneamento

Nome do respondente:	
Região:	
Cidade:	
Local e data:	

Contato inicial:

- Agradecer a disponibilidade em receber a pesquisadora.

Apresentação da pesquisa: Ecoinovação, sustentabilidade, Programa de destinação agrícola de lodo de esgoto;

- Explicar as informações contidas no termo de consentimento de entrevista.
- Solicitar a assinatura do termo de consentimento de entrevista (entrevista presencial) ou o aceite da gravação falada (entrevista virtual).
- Entregar uma via assinada pelo pesquisador para o(a) entrevistado(a) ou enviar uma cópia por e-mail.

4.1 Procedimentos iniciais:

- Preparar a gravação.
- Iniciar a gravação.

Roteiro de Entrevistas - CIA de Saneamento

1. Perguntas introdutórias?

1.1 Qual seu entendimento sobre sustentabilidade?

1.2 Qual seu entendimento sobre ecoinovação?

2. Fatores motivadores para a implementação do programa

2.1 Como surgiu a ideia do programa de destinação agrícola de lodo?

2.2 O que motivou sua criação por parte da companhia?

3. Oportunidades, desafios e avanços ecoinovativos do programa

3.1 Como a companhia se adaptou para atender as demandas de utilização de lodo no início?

3.2 Quais foram as experiências vivenciadas na implementação do programa, em termos de aprendizados, tecnologias entre outros que o senhor tem conhecimento?

3.3 Em que etapa se encontra o programa de destinação agrícola de lodo? Tem como me falar a respeito?

3.4 Pode me falar sobre o processo para reciclagem do lodo, como as etapas gerenciamento do lodo como a higienização, análises laboratoriais, equipe que atende os produtores rurais?(aprimoramentos)

3.5 Qual sua opinião sobre as oportunidades e tendências futuras que o senhor vislumbra sobre o programa?

3.6 Quais as principais dificuldades e desafios encontrados no programa do lodo?

3.7 Como o senhor acredita que o novo marco regulatório pode refletir no programa do lodo?

4. Reflexos

4.1 Qual sua opinião sobre a geração de valor do lodo para a companhia?

4.2 Quais os principais reflexos do programa de reciclagem, sob os aspectos social, econômico e ambiental para a companhia geradora e para o produtor rural como usuário

4.2 Considerações finais:

- Perguntar ao entrevistado(a) se há alguma informação adicional que gostaria de acrescentar em relação aos assuntos abordados durante a entrevista.
 - Perguntar se ficou com alguma dúvida.
-

4.3 Finalização e agradecimento ao participante:

- Agradecer a disponibilidade de tempo e pelas informações concedidas.
- Salientar que os resultados da pesquisa estarão à disposição dele(a) e, se tiver interesse, deverá entrar em contato com o(a) pesquisador(a).

APÊNDICE B - Roteiro de Entrevistas com Produtores Rurais

Nome do respondente:	
Região:	
Cidade:	
Local e data:	

1. Contato inicial:

- Agradecer a disponibilidade em receber a pesquisadora.

2. Apresentação da pesquisa: Ecoinovação, sustentabilidade, Programa de destinação agrícola de lodo de esgoto;

- Explicar as informações contidas no termo de consentimento de entrevista.
- Solicitar a assinatura do termo de consentimento de entrevista (entrevista presencial) ou o aceite da gravação falada (entrevista virtual).
- Entregar uma via assinada pelo pesquisador para o(a) entrevistado(a) ou enviar uma cópia por e-mail.

4.4 Procedimentos iniciais:

- Preparar a gravação.
- Iniciar a gravação.

Roteiro de entrevista Produtores Rurais

3. Fatores motivadores:

3.1. Como o senhor(a) soube do Programa de lodo na agrícola?

3.2 Como foi seu contato com a empresa de saneamento para a aquisição do lodo?

3.3. Qual foi o principal motivo que levou o senhor(a) a aceitar o uso do lodo em sua propriedade?

3.4 O que mais chamou a atenção do(a) senhor(a) para utilização do lodo como fertilizante?

4. Dificuldades:

4.1. O senhor(a) foi orientado pela Empresa de Saneamento, sobre os tipos de cultivos, que pode ser utilizado o lodo como fertilizante agrícola? Esta mudança,

trouxe algum reflexo? Quais?

4.2. O senhor(a) teve que realizar alguma mudança no espaço físico da sua propriedade para receber o fertilizante? Se positivo, quais foram estas mudanças? Teve custo?

4.3. O senhor(a) encontrou alguma dificuldade no manuseio do lodo? Se positivo quais?

4.4. Existe fila de espera para conseguir o lodo, isso traz alguma consequência?

4.5. O senhor(a) tem conhecimento sobre a legislação, para utilização do lodo de esgoto na agricultura?

5. Reflexos

5.1. Depois que o(a) senhor começou a utilizar o lodo, percebeu algum reflexo no solo e na safra? Pode me falar um pouco sobre esses reflexos?

5.2. Depois do uso do lodo, houve algumas mudanças, o(a) senhor(a) diminui os custos com defensivos químicos/ calcário, para a correção da acidez do solo? Como ocorreu isso?

4.5 Considerações finais:

- Perguntar ao entrevistado(a) se há alguma informação adicional que gostaria de acrescentar em relação aos assuntos abordados durante a entrevista.
- Perguntar se ficou com alguma dúvida.

4.6 Finalização e agradecimento ao participante:

- Agradecer a disponibilidade de tempo e pelas informações concedidas.
- Salientar que os resultados da pesquisa estarão à disposição dele(a) e, se tiver interesse, deverá entrar em contato com o(a) pesquisador(a).

APÊNDICE C - Roteiro de Entrevistas com IAT

Nome do respondente:	
Região:	
Cidade:	
Local e data:	

Contato inicial:

- Agradecer a disponibilidade em receber a pesquisadora.

Apresentação da pesquisa: Ecoinovação, sustentabilidade, Programa de destinação agrícola de lodo de esgoto;

- Explicar as informações contidas no termo de consentimento de entrevista.
- Solicitar a assinatura do termo de consentimento de entrevista (entrevista presencial) ou o aceite da gravação falada (entrevista virtual).
- Entregar uma via assinada pelo pesquisador para o(a) entrevistado(a) ou enviar uma cópia por e-mail.

4.7 Procedimentos iniciais:

- Preparar a gravação.
- Iniciar a gravação.

Roteiro de entrevista

1. Perguntas introdutórias sobre a destinação agrícola do lodo de esgoto do programa do Paraná sustentabilidade e ecoinovação:

1 Qual o seu entendimento sobre sustentabilidade?

1.2 Qual o seu entendimento sobre ecoinovação?

1.3 Como o(a) senhor(a) vê o uso de lodo de esgoto na agricultura? (sob os aspectos ambientais; ecoinovativos, regulatório, fiscalizatórios)

2. Avanços e oportunidades e desafios

2.1 Na sua opinião, quais os principais estímulos e obstáculos atinentes ao uso agrícola do lodo no programa do Paraná (sob o ponto de vista regulatório; fiscalizatório)?

2.2 Qual sua opinião, sobre as Resoluções (no âmbito Estadual SEMA 021/2009 e no Federal CONAMA 498/2020), para uso do lodo na agricultura:

2.3. O(a) senhor(a) acredita que o novo marco regulatório do Saneamento pode impactar na evolução do programa de destinação agrícola do lodo? Pode me falar sua opinião a respeito?

3. Reflexos ecoinovativos do programa

3.1. Em sua opinião, quais os principais reflexos para a coletividade, com o uso agrícola do lodo, considerando as dimensões econômicas, sociais e ambientais?

4.8 Considerações finais:

- Perguntar ao entrevistado(a) se há alguma informação adicional que gostaria de acrescentar em relação aos assuntos abordados durante a entrevista.
 - Perguntar se ficou com alguma dúvida.
-

4.9 Finalização e agradecimento ao participante:

- Agradecer a disponibilidade de tempo e pelas informações concedidas.
- Salientar que os resultados da pesquisa estarão à disposição dele(a) e, se tiver interesse, deverá entrar em contato com o(a) pesquisador(a).

APÊNDICE D- Roteiro de observação – UGL Padilha Sul

Local: Planta da Unidade Gerenciadora de Lodo Padilha Sul- Curitiba

Data: 07/06/2024

Horário: 14 horas (três horas)

1 Observar a infraestrutura da planta da UGL e etapas do gerenciamento do lodo esgoto (tipologias ecinovativas)

2 Observar avanços e oportunidades de inovação nas etapas do gerenciamento do lodo (criação de CTR; terceirizações no transporte e entrega do lodo, uso de *bag*; ampliações de infraestrutura).

3 Observar fatores concernentes às dificuldades que influenciam o programa do lodo (Resolução Estadual antiga; burocracia; demora na liberação dos lotes para destinação agrícola; pátios; aterro).

APÊNDICE E- Roteiro de observação não participante- Laboratório Central

Local: GACG

Data: 01/08/2024

Horário: 14 horas (duas horas).

1 Observar a infraestrutura do Laboratório (análise do lodo de esgoto e análise de solo).

2 Observar avanços e oportunidades para o programa de destinação agrícola com internalização das análises laboratoriais pela SANEPAR (segurança jurídica, celeridade nos laudos; eficácia operacional com diminuição dos custos com análise e maior gestão de recursos).

3 Observar fatores concernentes às dificuldades que influenciam o programa do lodo (demora nas autorizações externas para a destinação agrícola; demora na formação de lotes).

APÊNDICE F- Termo de Confidencialidade

Título do Projeto: Ecoinovações no Aproveitamento de Resíduos de Esgoto: implicações decorrentes de sua implementação por uma empresa de saneamento

Pesquisadora responsável: Luciane Romanovicz de Jesus Ramos

Orientador: Dr. Thiago Cavalcante Nascimento

Coorientador: Dr. Gustavo Rafael Collere Possetti.

Instituição: UTFPR/ Programa de Pós-graduação em Administração.

Contato: (41) 99927-6032/ e-mail: lucianeromanovicz@alunos.utfpr.edu.br

Em observância à Lei Geral de Proteção de Dados nº 13.853 de 2019, através do presente instrumento, comprometemo-nos à preservação da privacidade e sigilo, com relação à coleta de dados da referida pesquisa. Nós pesquisadores, asseguramos a manutenção quanto ao caráter anônimo dos dados coletados neste estudo, sendo que, sua identidade será protegida no referido trabalho, que possui natureza e finalidade acadêmica. Assim, os dados coletados nas entrevistas, como gravações e transcrições não serão identificados pelo nome do(a) respondente, mas por um código.

Os dados coletados, serão analisados com as informações do participante do estudo, considerando que o conjunto de dados obtidos, será analisado por meio do modelo teórico proposto no trabalho acadêmico, o qual busca a identificação de padrões de convergência e/ou divergência entre as respostas obtidas sob a perspectiva teórica investigada.

Concordo que o material, assim como as informações obtidas, possa ser objeto de publicação com finalidade acadêmica, em aulas, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos. Todavia, não deve ser identificado o nome do(a) respondente.

A pesquisadora, manterá um registro de inclusão do(a) participante de maneira sigilosa, contendo códigos e endereços para uso próprio. O formulário: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e Termo de Consentimento de Uso de Voz, assinados pelo(a) participante terá confidencialidade estrita. Assegura-se ainda, que o(a) participante desta pesquisa receberá uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e Termo de Consentimento de Uso de Voz, o qual poderá ser solicitado de volta, em caso deste não mais desejar participar da pesquisa.

Nome Completo:

Cargo/ função:

Formação:

Tempo de Empresa:

Telefone/ e-mail:

Local/ Data:

Assinatura

APÊNDICE G- Convite Entrevistados Sanepar

MODELO DE CONTATO INICIAL

Prezado Senhor(a)

Conforme contato e autorização do Portal da Transparência/ Ouvidoria da sua organização, venho solicitar o agendamento de um horário para uma entrevista, com finalidade acadêmica, para contribuir com minha Dissertação do Mestrado em Administração do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR, sob orientação do Professor Dr. Thiago Cavalcante Nascimento e coorientação do Professor Doutor Gustavo Rafael Collere Possetti.

A pesquisa em desenvolvimento, tem como título preliminar “Ecoinovações no Aproveitamento de Resíduos de Esgoto: implicações decorrentes de sua implementação por uma empresa de saneamento”.

O Objetivo Geral da pesquisa, consiste em: Analisar os resultados da implementação de um programa de aproveitamento de lodo de esgoto, sob a perspectiva da ecoinovação, por uma empresa de saneamento.

Há todo um protocolo, com termo de consentimento, garantindo a preservação da identidade do respondente, em que a pesquisadora se compromete a utilizar apenas códigos na pesquisa em questão.

Atenciosamente,

Luciane Romanovicz J. Ramos
Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Administração
Contato: (41) 99927-6032

APÊNDICE H- Convite Entrevistados IAT

Ao Instituto Água e Terra-IAT
Prezado Senhor(a)

Conforme contato telefônico, venho solicitar o agendamento de um horário para uma entrevista, com finalidade acadêmica, para contribuir com minha Dissertação do Mestrado em Administração do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR, sob orientação do Professor Dr. Thiago Cavalcante Nascimento e coorientação do Professor Doutor Gustavo Rafael Collere Possetti.

A pesquisa em desenvolvimento, tem como título preliminar “Ecoinoações no Aproveitamento de Resíduos de Esgoto: implicações decorrentes de sua implementação por uma empresa de saneamento”.

O Objetivo Geral inicial da pesquisa, consiste em: Analisar os resultados da implementação de um programa de aproveitamento de lodo de esgoto, sob a perspectiva da ecoinoação, por uma empresa de saneamento.

Há todo um protocolo, com termo de consentimento, garantindo a preservação da identidade do respondente, em que a pesquisadora se compromete a utilizar apenas códigos na pesquisa em questão.

Atenciosamente,

Luciane Romanovicz J. Ramos
Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Administração
Contato: (41) 99927-6032

APÊNDICE I- Relação de dados secundários da análise documental

Código	Data	Fonte emissora	Tipo de documento	Informações
Doc.01	2024	Site institucional Sanepar https://site.sanepar.com.br/a-sanepar/perfil	Perfil/ Sanepar Documento institucional	Informações institucionais da Sanepar e dados sobre coleta e tratamento de esgoto
Doc.02	11/2024	Site institucional Sanepar https://ri.sanepar.com.br/docs/Sanepar-2023-12-31-n8Wb9Gjn.pdf	Relato integrado-Relatório de materialidade 2023	Informações sobre a Sanepar e o Programa
Doc.03	11/2024	Site institucional Sanepar https://ri.sanepar.com.br/docs/Demonstracoes-Financeiras-Anuais-Completas-Sanepar-2023-12-31-pg8MKJFq.pdf	Relatório da Administração e demonstrações contábeis 2023	Informações sobre a Sanepar e o Programa
Doc.04	18/11/2024	Site Agência Estadual de Notícias- AEN https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Tecnologia-japonesa-vai-impulsionar-compostagem-de-lodo-de-esgoto-na-Sanepar	Matéria veiculada no site da AEN	Temo de Cooperação Técnica internacional
Doc.05	16/04/2024	Site AESB https://aesbe.org.br/novo/sanepar-e-eleita-a-melhor-do-mundo-em-aco-es-para-a-universalizacao-do-saneamento/	Matéria veiculada no site da AESB	Sanepar recebeu Prêmio Campeões do ODS 6 em Londres, concernente à disponibilidade e gestão sustentável da água potável e saneamento para todos.
Doc.06	10/11/2022	Site Agência Estadual de Notícias- AEN https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Sanepar-ganha-premio-nacional-de-inovacao-pela-pratica-de-reutilizacao-do-lodo-de-esgoto	Matéria veiculada no site da AEN	Sanepar recebeu premiação do Instituto Trata Brasil e Centro de Estudos de Infraestrutura e Soluções Ambientais da FGV, na categoria de Inovação & Tecnologia, pela boa prática de gestão, voltada para a reutilização do lodo de esgoto.
Doc.07	07/05/2002	Instrução Técnica PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto Ambiental do Paraná. Instrução Técnica CEP/DTA N. 001/2002. Dispõe sobre a utilização agrícola de lodo de estação de tratamento de esgoto sanitário. Curitiba, 07 de maio de 2002.	Instrução Técnica IAP CEP/ DTA nº 001/2002	Instituição dos primeiros critérios técnicos para a utilização agrícola de lodo de ETEs no âmbito do Estado do Paraná.
Doc.08	08/2006	Regulamentação https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=documento.download&id=22347	Resolução CONAMA 375/2006	Primeira Resolução na esfera Federal, que instituiu critérios e procedimentos, para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em ETEs.
Doc.09	04/2009	Regulamentação https://www.iaat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-11/resolucao_sema_21_2009_licenciamento_padroes_ambientais_saneamento.pdf	Resolução SEMA 021/ 2009	Primeira Resolução Estadual paranaense, que dispõe sobre licenciamento e padrões ambientais para empreendimentos de saneamento
Doc.10	04/2009	Regulamentação https://www.iaat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-11/anexo_6_-_sema_21.pdf	Anexo 6 Resolução SEMA 021	Dispõe sobre os critérios para utilização agrícola de lodo de esgoto no âmbito do Estado do Paraná.
Doc.11	08/2010	Lei https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm	Lei 12.305/ 2010- PNRS Política Nacional de Resíduos Sólidos	Dispõe diretrizes de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada.
Doc.12	08/2020	Regulamentação https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=documento.download&id=22347	Resolução CONAMA 498/2020	Disposições no âmbito Federal alusivas aos critérios para produção e aplicação de biossólidos em solos.
Doc.13	07/2020	Lei https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm	Lei 14.026/ 2020- Marco Saneamento	Metas para a universalização do saneamento: 99% da população tenha acesso à água potável e 90% à coleta e tratamento de esgotos, até 2033.
Doc.14	10/2024	Atos Normativos https://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form_cons_ato1.asp?Codigo=5377	Portaria IAT 399/2024	Informações sobre composição da Câmara Técnica para análise dos processos concernentes à autorização ambiental para destinação agrícola.

APÊNDICE J- Fotos

Evolução da plantação de trigo com uso de lodo de esgoto



Fonte: Fotos fornecidas pelo Entrevistado PR- 02

Evolução da plantação de trigo com uso de lodo de esgoto



Fonte: Fotos fornecidas pelo Entrevistado PR- 02

APÊNDICE L – Fotos

Fotos aérea 1 ETE e UGL Padilha Sul



Fonte: Sanepar (2024)

Fotos aérea 2 ETE e UGL Padilha Sul



Fonte: Sanepar (2024)

ANEXO A – Cadastro do Produtor Rural



CADASTRO RURAL – PROGRAMA DE DISTRIBUIÇÃO DE LODO

MANIFESTO DE INTERESSE

Eu _____, CPF: _____,
 Fone: () _____, domiciliado(a) no endereço _____
 _____, venho por meio deste manifestar meu interesse, como proprietário(a)
 de área rural, em participar do programa de aplicação de lodo de esgoto higienizado em uma área de
 aproximadamente _____ ()Alqueires ()Hectares, MATRÍCULA Nº _____ localizada na região
 denominada _____ dentro do município
 _____ – PR. Declaro que as informações estão corretas e que seguirei as
 seguintes exigências legais para aplicação:

1. O lodo deve ser utilizado logo após a entrega, não devendo ser estocado na propriedade. Caso seja impossível a utilização imediata o armazenamento temporário do lodo deve ser realizado por um período máximo de 15 dias, em área plana e a leira deverá ser coberta com lona plástica ou em local onde não haja problemas de infiltração de líquidos no solo. O local de armazenamento deve ter uma distância mínima de 100 metros de rios, poços minas e cursos d'água, canais, lagoas e residências.
 2. Espalhar o lodo de esgoto em superfície e incorporar imediatamente se solicitado. Efetuar o plantio preferencialmente 30 dias após a incorporação. O agricultor deverá seguir as orientações do profissional técnico responsável pela propriedade quanto à adubação complementar e plantio. E adotar práticas de conservação do solo.
 3. Respeitar as áreas de preservação permanente – APPs, como mata ciliar e nascente, bem como respeitar uma distância de 100 m de poços rasos e residências.
 4. Utilizar EPI (Equipamento de Proteção Individual) em qualquer operação de manuseio (luvas, botas e máscara). Lavar as roupas de trabalho e tomar banho após as operações com o lodo.
 5. **É proibida a utilização de lodo de esgoto em pastagens e cultivos olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo.** O lodo de esgoto deve ser utilizado em grandes culturas, cujos produtos são consumidos após a industrialização ou seja alimentos não consumidos in natura, como: milho, feijão, soja, sorgo, trigo, aveia, cevada, forrageiras para adubação verde, reflorestamentos, etc.
 6. Em solos onde o lodo foi aplicado as pastagens poderão ser implantadas somente após 24 meses da última aplicação. Olerícolas, tubérculos, raízes e demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo, bem como cultivos inundáveis, somente poderão ser cultivadas após um período mínimo de 48 meses da última aplicação.
 7. O lodo somente deve ser aplicado segundo as recomendações do engenheiro agrônomo e nas áreas recomendadas de acordo com o croqui da propriedade apresentada no Projeto Agronômico.
- Concordo com a aplicação de lodo de esgoto ou produto derivado na área descrita anteriormente, estou ciente das características e recomendações no uso do lodo e comprometo-me a seguir as orientações constantes do projeto a ser elaborado pela UGL, sob pena de responsabilidade civil, penal e ambiental.

Sem mais para o momento.

 ASSINATURA DO PROPRIETÁRIO

 Responsável pelo cadastro - SANEPAR

 Local e Data

ANEXO B – Projeto Agronômico



PROJETO AGRONÔMICO
Nº:XX/XXXX UGL PADILHA SUL – Curitiba - PR
Lote de lodo: XXX



Local de aplicação: XXXXXXXX

Autorização Ambiental nº: XXXXX

Nº cadastro da propriedade: XXXX

A. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

1. Nome da UGL: UGL Padilha Sul
2. Localização: Rua Alexandro Glenski, sn.
3. Nº de ETEs que compõem a UGL: 3
4. Vazão operacional atual total: 937 l/s
4. Geração de lodo: Aprox. 1300 t/ano ST (estimativa calculada com base no processado 2022)
6. Características da bacia de drenagem de esgoto:
Bacia de esgoto sanitário predominantemente doméstico.
7. Tipo de tratamento de esgoto e de lodo de esgoto

Sistema de tratamento de esgoto anaeróbio, UASB seguido de lagoa aerada na ETE Padilha Sul, UASB + Flotador na ETE Santa Quitéria e RALF + Flotador na ETE Cambuí.

Tratamento de lodo de esgoto da ETE que compõe a UGL é realizado por meio do desaguamento em centrífuga, resultando em um lodo com cerca de 30 a 40% de umidade. Para desinfecção e estabilização utiliza-se o processo de estabilização alcalina prolongada, que consiste na adição de cal, com misturador móvel, na proporção de 30 a 50% dos Sólidos Totais e armazenamento pelo período mínimo de 30 dias.

9. Fluxograma simplificado do processo:



B. CARACTERÍSTICAS DO LODO DE ESGOTO A SER APLICADO

11. Parâmetros Agronômicos do Lodo

Análise Laudo nº: XXXXXX

pH H ₂ O =	xxx	Estabilidade SV/ST:	xxx
Unidade %			
N Total =	xxx	N amoniacal=	xxx
N nitrato + nítrico=	xxx	P total =	xxx
Ca=	xxx	Mg=	xxx
C org.=	xxx	Na total =	xxx
ST =	xxx	SF =	xxx
Umidade=	xxx	PN calc=	xxx

*multiplicar os valores por 10.000 para obter em mg/kg de lodo



PROJETO AGRONÔMICO
 Nº:XX/XXXX UGL PADILHA SUL – Curitiba - PR
 Lote de lodo: XXX



12. Agentes Patogênicos					
Análise Laudo n.: XXX					Lim.SEMA
Coliformes Termotolerantes (NMP/g de ST) =					xxx <1000
Ovos viáveis de helmintos (ovo/g de ST) =					xxx <0,25
Salmonela (NMP/4g ST) =					xxx Ausente
Vírus (UFF/g de ST)=					xxx <0,25
13. Metais Pesados					
Análise Laudo n.: XXX					
Unidade	mg/Kg	Lim.SEMA 021/09	Adição no Solo (Kg/ha)		Lim. SEMA 021/09
As <	10,00	xxx	As <	#VALOR!	30
Ba =	172,1	xxx	Ba =	#VALOR!	265
Cd <	1,8	xxx	Cd <	#VALOR!	4
Cr =	28,5	xxx	Cr =	#VALOR!	154
Cu =	89,9	xxx	Cu =	#VALOR!	137
Hg<	0,60	xxx	Hg<	#VALOR!	1
Mo <	6,0	xxx	Mo <	#VALOR!	13
Ni =	12,8	xxx	Ni =	#VALOR!	74
Pb <	20,0	xxx	Pb <	#VALOR!	41
Se <	3,03	xxx	Se <	#VALOR!	13
Zn =	812,08	xxx	Zn =	#VALOR!	445
14. Substâncias Orgânicas mg/kg					
Análise Laudo n.: XXX					
Benzenos Clorados		Hidrocarbonetos Aromáticos		Poluentes Orgânicos Persistentes	
1,2-Diclorobenzeno	nd	Benzo(a)antraceno	nd	Aldrin	nd
1,3-Diclorobenzeno	nd	Benzo(a)pireno	nd	Dieldrin	nd
1,4-Diclorobenzeno	nd	Benzo(k)fluoranteno	nd	Endrin	nd
1,2,3-Triclorobenzeno	nd	Indeno(1,2,3-c.d)pireno	nd	Clordano	nd
1,2,4-Triclorobenzeno	nd	Naftaleno	nd	Heptacloro	nd
1,3,5-Triclorobenzeno	nd	Fenantreno	nd	DDT	nd
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	nd	Lindano	nd	Toxafeno	nd
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	nd	Fenóis Clorados		Mirex	nd
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	nd	2,4-Diclorofenol	nd	Hexaclorobenzeno	nd
ÉSTERES DE FTALATOS		2,4,6-Triclorofenol	nd	PCB's	nd
Di-n-butil ftalato	nd	Pentaclorofenol	nd	Dioxinas e Furanos	nd
Di(92-etilhexil)ftalato (DEHP)	nd	Fenóis não Clorados			
Dimetil ftalato	nd	Cresóis	nd		

C. Responsável UGL	
Nome : xxx	CREA: PR xxx
Estou ciente que, no caso de falsidade das declarações aqui prestadas, poderei ser responsabilizado, administrativa, civil e penalmente, conforme legislação pertinente em vigência.	
Data: xxx	
Assinatura do responsável pela UGL: _____	



PROJETO AGRONÔMICO
Nº:XX/XXXX UGL PADILHA SUL – Curitiba - PR
Lote de lodo: XXX



D. CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTOR E DA PROPRIEDADE	
1. Nome do produtor:	xxx
2. CPF/CNPJ:	xxx
3. Endereço do Produtor:	xxx
4. CEP: xxx	5. Fone: xxx
6. Nome da propriedade:	xxx
8. Coordenadas UTM:	xxx
9. Município:	xxx
10. Safra:	xxx
7. nº matrícula terreno:	xxx
11. CROQUI DE ACESSO	
Distância aproximada:	xxx
xxx	
E. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE APLICAÇÃO	
1. Área total a ser aplicada lodo (ha):	xxx
2. Quantidade de lodo a ser aplicada em função da recomendação (t):	xxx
3. Bacia hidrográfica:	xxx
4. Área de Proteção Ambiental:	() Sim (X) Não
5. Data prevista para aplicação/incorporação:	xxx
6. Cultura(s): AVEIA	7. Cultura anterior: SOJA
8. Método de aplicação:	xxx
9. Época prevista de plantio:	xxx
10. Época prevista de colheita:	xxx
Obs.: o plantio deverá sempre obedecer o zoneamento agrícola anual para a região.	
11. Descrição do nível tecnológico utilizado na propriedade, das práticas de conservação de solo e tratos culturais:	
xxx	



PROJETO AGRONÔMICO
 Nº: XX/XXXX UGL PADILHA SUL – Curitiba - PR
 Lote de lodo: XXX



CROQUI DA ÁREA DE APLICAÇÃO (EM ANEXO)

F. RESULTADO DA ANÁLISE DE SOLO		
Análise Laudo n.: XXX		
Gleba	xxx	<i>Unidades</i>
pH CaCl2	XXX	
H	XXX	<i>cmolc/dm3</i>
Al	XXX	<i>cmolc/dm3</i>
H + Al	XXX	<i>cmolc/dm3</i>
Ca + Mg	XXX	<i>cmolc/dm3</i>
Ca	XXX	<i>cmolc/dm3</i>
Mg	XXX	<i>cmolc/dm3</i>
K	XXX	<i>cmolc/dm3</i>
SB	XXX	<i>cmolc/dm3</i>
T (CTCpH7,0)	XXX	<i>cmolc/dm3</i>
t (CTCefetiva)	XXX	<i>cmolc/dm3</i>
P	XXX	<i>mg/dm3</i>
MO	XXX	<i>g/dm3</i>
C	XXX	<i>g/dm3</i>
m%	XXX	<i>%</i>
V1% solo	XXX	<i>%</i>
V2 desejado	XXX	<i>%</i>
NC calculado	XXX (PRNT= 85)	<i>t/ha</i>

G. LIMITAÇÕES E APTIDÃO DA ÁREA					
Classe	I	II	III	IV	V
Profundidade	X	X	X	X	X
Textura superficial	X	X	X	X	X
Suscetibilidade a erosão	X	X	X	X	X
Pedregosidade	X	X	X	X	X
Drenagem	X	X	X	X	X
Relevo	X	X	X	X	X
Hidromorfismo	X	X	X	X	X
Classificação final	X				
RESTRIÇÕES LOCACIONAIS					
Não é permitida a aplicação de lodo de esgoto: - em unidades de conservação, com exceção das Áreas de Proteção Ambiental-APA; - em Área de Preservação Permanente-APP; - num raio mínimo de 100 m de poços rasos e residências, podendo este limite ser ampliado para garantir que não ocorram incômodos à vizinhança; - numa distância mínima de 15 (quinze) metros de vias de domínio público e drenos interceptadores e divisores de águas superficiais de jusante e de trincheiras drenantes de águas subterrâneas e superficiais; - em parcelas com solos com menos de 50 cm de espessura até o horizonte C; - em áreas onde a profundidade do nível do aquífero freático seja inferior a 1,5 m na cota mais baixa do terreno;					



PROJETO AGRONÔMICO
 Nº:XX/XXXX UGL PADILHA SUL – Curitiba - PR
 Lote de lodo: XXX



H. RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO								
Glebas	Peso do Lote (t)	Área (ha)	Cultura	Calcário	Lodo base úmida (t/ha)	Adubação complementar* (kg/ha)		
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O
xxx	XXX	XXX	AVEIA	0	XXX	XXX	XXX	XXX
Total	,0	XXX	Média:	0	#DIV/0!	XXX	XXX	XXX

I. BENEFÍCIO ECONÔMICO GERADO COM O LODO DE ESGOTO								
Lote de Lodo	Quantidades equivalentes no lodo (kg/ha)			Valor economizado (R\$/ha)				Total (R\$/ha)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Calcário	
P72	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	0,00
MÉDIA	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,00
Economia Total:								#VALOR!

J. CARACTERIZAÇÃO DA ESTOCAGEM NA PROPRIEDADE			
Declividade do terreno:	< 5%	Distância de residências:	> 100 m
Distância de corpos d'água	>100 m	Local coberto:	() Sim (X) Não
		Período de estocagem:	< 15 dias

K. QUANTIDADE DE LODO A SER RETIRADA DA UGL		
Gleba	Quantidade de lodo de esgoto a ser enviada para a propriedade	
xxx	XXX	toneladas
Total	0,0	toneladas
Total ST	#####	toneladas

I. Responsável Técnico pela Recomendação Agronômica		
Nome: XXX	Assinatura:	
Empresa: SANEPAR	CREA: XXX	Tit. Prof.: Eng Agrônomo
Município/Local: XXX	Data: XXX	



PROJETO AGRONÔMICO
Nº:XX/XXXX UGL PADILHA SUL – Curitiba - PR
Lote de lodo: XXX



EXIGÊNCIAS LEGAIS

1. O lodo deve ser utilizado logo após a entrega, não devendo ser estocado na propriedade. Caso seja impossível a utilização imediata o armazenamento temporário do lodo deve ser realizado por um período máximo de 15 dias, em área plana e a leira deverá ser coberta com lona plástica ou em local onde não haja problemas de infiltração de líquidos no solo. O local de armazenamento deve ter uma distância mínima de 100 metros de rios, poços minas e cursos d'água, canais, lagoas e residências.

2. Espalhar o lodo de esgoto em superfície e incorporar imediatamente. Efetuar o plantio preferencialmente 30 dias após a incorporação. O agricultor deverá seguir as orientações do profissional técnico responsável pela propriedade quanto à adubação complementar e plantio. E adotar práticas de conservação do solo.

3. Respeitar as áreas de preservação permanente – APPs, como mata ciliar e nascente, bem como respeitar uma distância de 100 m de poços rasos e residências.

4. Utilizar EPI (Equipamento de Proteção Individual) em qualquer operação de manuseio (luvas, botas e máscara). Lavar as roupas de trabalho e tomar banho após as operações com o lodo.

5. É proibida a utilização de lodo de esgoto em pastagens e cultivos olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo. O lodo de esgoto deve ser utilizado em grandes culturas, cujos produtos são consumidos após a industrialização ou seja alimentos não consumidos *in natura*, como: milho, feijão, soja, sorgo, trigo, aveia, cevada, forrageiras para adubação verde, reflorestamentos, etc.

6. Em solos onde o lodo foi aplicado as pastagens poderão ser implantadas somente após **24 meses** da última aplicação. Olerícolas, tubérculos, raízes e demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo, bem como cultivos inundáveis, somente poderão ser cultivadas após um período mínimo de **48 meses** da última aplicação.

7. O lodo somente deve ser aplicado segundo as recomendações do engenheiro agrônomo e nas áreas recomendadas de acordo com o croqui da propriedade deste documento.

Proprietário

Eu, **XXX**, CPF: **XXX**, proprietário da área, localizada na região da **XXX**, coordenadas **UTM: XXX**, declaro que as informações acerca das características da propriedade estão corretas, concordo com a aplicação de lodo de esgoto ou produto na área descrita anteriormente, estou ciente das características e recomendações no uso do lodo e comprometendo-me a seguir as orientações constantes do projeto elaborado pela UGL, sob pena de responsabilidade civil, penal e ambiental.

Assinatura do proprietário _____ Data: **XXX**