

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Maria Vitória da Silva Santos

**Tendências de pesquisa sobre tratamento de dejetos da suinocultura: uma
análise bibliométrica**

Maceió
2022

Maria Vitória da Silva Santos

Tendências de pesquisa sobre tratamento de dejetos da suinocultura: uma análise bibliométrica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Professora Dra. Daniele Vich.

Maceió

2022

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária: Helena Cristina Pimentel do Vale – CRB4 –661

- S237t Santos, Maria Vitória da Silva.
Tendências de pesquisa sobre tratamento de dejetos da suinocultura : uma análise bibliométrica / Maria Vitória da Silva Santos. - 2023.
63 f : il.
- Orientadora: Daniele Vich.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental e Sanitária)
– Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2023.
- Bibliografia: f. 57-63.
1. Esterco animal. 2. Suínos. 3. Esterco – Potencial poluidor. 4. Saneamento.
5. Tecnologia. I. Título.

CDU: 631.862: 636.4

RESUMO

A suinocultura tem sido uma grande atividade para economia mundial, devido ao aumento considerável da produção ao longo dos anos. O Brasil é o quarto maior produtor de suínos do mundo. Assim, a produção é diretamente proporcional à quantidade de dejetos suínos, tornando esta atividade um potencial poluidor. Dessa forma, as águas residuárias da suinocultura despejadas sem tratamento acarretam impactos aos recursos naturais. O objetivo desta pesquisa foi realizar uma análise bibliométrica de trabalhos publicados sobre tratamento de dejetos da suinocultura, a fim de analisar os avanços tecnológicos e evolução dos conhecimentos relacionados ao tema. Como método para elaborar a pesquisa, foram realizadas buscas na base de dados Scopus, de forma estratégica, com palavras-chaves relacionadas ao tema, o que facilitou o refinamento posteriormente efetivado. Então, foram selecionados dados pertinentes sobre os estudos em países, categorias, periódicos, instituições, autores e as tendências do tema que foram examinados no Excel, para construção de gráficos e tabelas. O software VOSviewer teve como intuito a construção de redes de interação, mapas e *clusters*, com os dados e as informações (autores, países, instituições, palavras-chaves) obtidas na base Scopus. Por conseguinte, através dos resultados avaliou-se que o campo de estudo ainda está em expansão, foi possível averiguar o maior pico de publicações durante os anos, reconhecer os principais autores sobre o tema, os principais países que abordaram a suinocultura, a evolução das palavras-chave ao longo dos anos e assim notou-se o que foi alterado desde o início das pesquisas relacionadas ao tema até os dias atuais.

Palavras-chave: Esterco; suínos; potencial poluidor; tecnologias; saneamento.

ABSTRACT

Pig farming has been a major activity for the world economy, due to the considerable increase in production over the years. Brazil is the fourth largest pork producer in the world. Thus, production is directly proportional to the amount of pig manure, making this activity a potential polluter. In this way, wastewater from swine farming that is discharged without treatment has an impact on natural resources. The objective of this research was to carry out a bibliometric analysis of published works on the treatment of swine manure, in order to analyze the technological advances and evolution of knowledge related to the subject. As a method to elaborate the research, searches were carried out in the Scopus database, strategically, with keywords related to the theme, which facilitated the subsequent refinement. Then, relevant data on studies in countries, categories, journals, institutions, authors and the trends of the theme were selected and examined in Excel, for the construction of graphs and tables. The VOSviewer software was intended to build interaction networks, maps and clusters, with data and information (authors, countries, institutions, keywords) obtained from the Scopus database. Therefore, through the results it was evaluated that the field of study is still expanding, it was possible to verify the highest peak of publications over the years, recognize the main authors on the subject, the main countries that addressed pig farming, the evolution of keywords over the years and so it was noted what has changed since the beginning of research related to the topic until the present day.

Keywords: Manure; swine; polluting potential; technologies; sanitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolução da Produção de Suínos.....	12
Figura 2. Evolução da Exportação de Suínos.....	12
Figura 3. Fluxograma da metodologia.....	18
Figura 4. Número de publicações por ano.....	21
Figura 5. Países com maior número de artigos publicados.	22
Figura 6. Áreas de conhecimento.	23
Figura 7. Principais grupos de coautoria.	25
Figura 8. Rede colaborativa entre países nos artigos de pesquisas.....	26
Figura 9. Rede de palavras-chave mais recorrentes.....	27
Figura 10. Rede de palavras-chaves utilizadas por autores.....	27
Figura 11. Rede de palavras indexadas.	28
Figura 12. Palavras chaves de 1982 a 1988.	29
Figura 13. Palavras chaves de 1990 a 1999.	33
Figura 14. Palavras chaves de 2000 a 2009.	37
Figura 15. Palavras chaves de 2010 a 2019.	43
Figura 16. Palavras chaves de 2020 a 2022.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparativo de algumas tecnologias de manejo ou tratamento, avaliadas ou desenvolvidas no Brasil, para dejetos de suínos.	17
Tabela 2. Tentativas de Combinação	19
Tabela 3. Tipos de documentos.	20
Tabela 4. Instituições que mais contribuíram e a quantidade de artigos.	23
Tabela 5. Autores que mais publicaram artigos.	24
Tabela 6. Publicações na década de 80.	31
Tabela 7. Publicações na década de 90.	35
Tabela 8. Publicações nos anos 2000.	40
Tabela 9. Publicações no período de 2010-2019.	45
Tabela 10. Publicações no Brasil referente ao período de 2010-2019.	48
Tabela 11. Publicações no período de 2020-2022.	51
Tabela 12. Publicações no Brasil no período de 2020-2022.	54

LISTA DE SIGLAS

Conversão Termoquímica - TCC

Dejeto da Suinocultura – DS

Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

Digestão Anaeróbica Psicrofílica - PAD

Gaseificação de Água Supercrítica - SCWG

Modelo de Digestão Anaeróbia n1 –ADM1 Nitrogênio Total - TN

Reatores de Batelada de Sequenciamento -SBRs

Reator de batelada de fotessequenciamento – PSBR

Tempo de Retenção Hidráulica – TRH

Upflow Anaerobic Sludge Blanket - UASB

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo geral.....	10
2.2. Objetivos específicos.....	10
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
3.1. Panorama da suinocultura no Brasil e no mundo	11
3.2. Análise bibliométrica.....	13
3.3. Impactos ambientais.....	13
3.4. Legislação ambiental para suinocultura	14
3.5. Tratamento dos dejetos suínos	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
4.1. Base de Dados.....	19
4.2. Obtenção de dados	19
4.3. Extração e análise dos dados	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1. Características dos documentos.....	21
5.1.1. Quanto à tipologia do documento.....	21
5.1.2. Quanto a análise temporal	21
5.1.3. Quanto aos Países.....	22
5.1.4. Quanto as Áreas do conhecimento	22
5.1.5. Quanto às Afiliações/Instituições	23
5.1.6. Quanto aos Autores	24
5.2. Análise no software VOSViewer	25
5.2.1. Autores	25
5.2.2. Países	26
5.2.3 Palavras-chaves	26
5.3. Análise dos Artigos por Décadas.....	28
5.3.1. Década de 80.....	28
5.3.2. Década de 90.....	32
5.3.3. Anos 2000.....	36
5.3.3 Período de 2010 até 2019.....	42
5.3.4. Período de 2020 até 2022	48
5.4. Perspectivas para trabalhos futuros	55
6. CONCLUSÕES.....	56
7. REFERÊNCIAS.....	57

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura é um dos setores da agropecuária brasileira que apresenta maior crescimento, por ser desenvolvida em pequenas propriedades rurais e em áreas com limitações topográficas, além disso a carne suína é mais em conta e vantajosa se comparada a de outros animais. Entre os maiores produtores de carne suína no mundo destacam-se a China, com 50 milhões t/ano, a União Europeia com 26 milhões/ano, e os Estados Unidos com 12 milhões de toneladas/ano seguidos pelo Brasil com 4 milhões/ano (FATOBENI et al., 2020).

A produção brasileira de suínos passou por grandes transformações nos últimos 20 anos, resultantes da introdução de novas tecnologias, com consequente aumento da produtividade e, sobretudo, das escalas de produção, tendo como objetivo principal o aumento da competitividade (LEITÃO & SILVA, 2018).

Assim, com toda a sua relevância, a suinocultura tem despertado a preocupação ambiental da sociedade devido ao grande impacto causado aos recursos naturais, por ser uma atividade potencialmente poluidora (poluição das águas superficiais e subterrâneas por nitrogênio, fósforo e outros elementos minerais ou orgânicos e, do ar, pelas emissões de NH₃, CO₂, N₂O e H₂S) e gerar elevado volume de resíduos (OLIVEIRA, 2013). Quando estes dejetos e/ou efluentes são lançados no meio ambiente sem tratamento adequado, podem atingir o lençol freático e contaminar o solo e as águas (FAREZIN et al., 2018), dessa forma, tal contaminação em cursos de água pode desencadear depleção de oxigênio dissolvido no meio aquático, eutrofização dos corpos d'água, risco à saúde em razão do nitrato e microrganismos patogênicos, e intoxicação de peixes e outros organismos aquáticos devido à presença de amônia em sua forma livre (LEITE, 2018).

As técnicas empregadas no tratamento de dejetos de suínos consistem em processos físicos, químicos e biológicos com o intuito de reduzir a carga de poluentes (DIAS, et al 2016). Os dejetos/resíduos suínos caracterizam-se pela elevada carga orgânica, com Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), entre 10.000 e 50.000 mg/l (SPERLING, 2014),

nutrientes (nitrogênio e fósforo) e metais. Sendo assim, este estudo tem como enfoque o tratamento desses resíduos através da tecnologia, tendências e evolução de reatores.

Visando avaliar as tendências e as tecnologias mais eficientes, abordadas ao longo dos anos para realizar o tratamento de efluente de suinocultura, foi adotada a metodologia de análise bibliométrica.

A análise bibliométrica foi selecionada por ser um método que irá responder a questões específicas e coletar, selecionar e analisar criticamente estudos. Desse modo, as fontes da pesquisa bibliométrica foram os artigos da pesquisa por palavras chaves na base de dados Scopus. Para um determinado campo do conhecimento, as observações dessas características revelam as principais tendências em sua evolução e publicações científicas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa foi realizar uma análise bibliométrica de trabalhos publicados sobre tratamento de dejetos suínos a fim de analisar os avanços tecnológicos e evolução dos conhecimentos acerca desta temática.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar uma análise bibliométrica das pesquisas publicadas acerca do tratamento de águas residuárias da suinocultura, identificando artigos, autores e instituições;
- Realizar uma análise qualitativa das pesquisas por meio de revisão sistemática da temática e identificação dos avanços científicos por período de publicação;
- Avaliar o desempenho dos sistemas existentes para o tratamento de dejetos suínos;
- Identificar os principais eixos temáticos de pesquisa e as tendências de estudos ao longo dos anos;
- Identificar as oportunidades e os desafios relacionados ao tema;
- Identificar as lacunas de pesquisa para embasamento de trabalhos futuros.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Panorama da suinocultura no Brasil e no mundo

A carne suína é a carne mais consumida no mundo. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, do inglês *U.S. department of agriculture*), a produção de carne suína cresceu 5,7% no primeiro trimestre de 2021. Entre os mercados importadores de carne suína, a China segue como principal destino, com 31,4 mil toneladas importadas em janeiro de 2022. Outros destaques são Filipinas, com 4,4 mil toneladas, Argentina, com 4,1 mil toneladas, Singapura, com 3,4 mil toneladas, Uruguai, com 3 mil toneladas, Japão, com 2,1 mil toneladas e Rússia, com 1,6 mil toneladas (ABPA, 2022). Em relação à exportação, a União Europeia é o principal exportador mundial, com 5,05 milhões de toneladas, seguida pelo Estados Unidos (3,2 milhões de toneladas), Canadá (1,48 milhão de toneladas), Brasil (1,32 milhões de toneladas), México (330 mil toneladas) e demais países (980 mil toneladas).

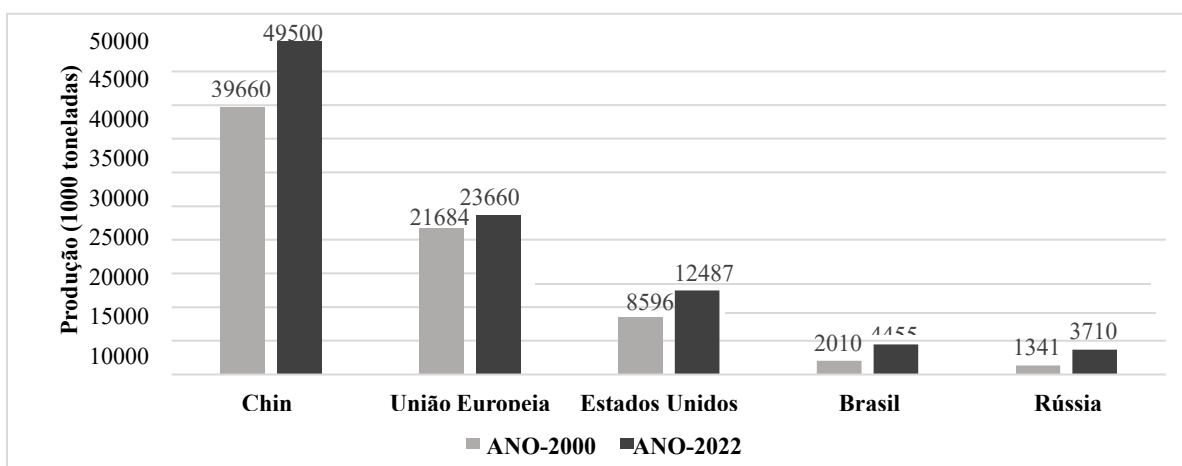
No Brasil, os suínos foram introduzidos por Martin Afonso de Souza em 1532, na Capitania São Vicente (atualmente litoral paulista). Em 1580 os suínos já haviam se espalhado pelo país e sua produção crescia cada vez mais nos atuais Estados de São Paulo e Bahia (FRANÇOISE et al., 2015). Até os anos 70, o sistema de criação de suínos no Brasil era voltado especialmente para a subsistência, com foco na produção de banha, por sua vez muito utilizada na elaboração e conservação de alimentos, e ocorrendo comercialização apenas da produção excedente. Esse sistema é conhecido como produção extensiva, definida como extrativista e de subsistência, praticamente sem controle de dados e manejos (CASTRO, BARBOSA E VASCONCELOS, 2020).

Ao contrário do perfil mundial, o consumo de carne suína no Brasil é inferior ao das carnes de frango e bovina. Apesar disso, a suinocultura, no Brasil, tem ganhado ainda mais importância, principalmente no mercado internacional, por algumas vantagens comparativas que tornam a atividade competitiva no cenário externo. Comum sistema produtivo baseado na integração vertical, demanda pelas agroindústrias, e com disponibilidade de insumos básicos para a produção, principalmente de grãos essenciais como soja e milho, e

investimentos em tecnologia, a produção de suínos no Brasil apresenta custos inferiores aos principais competidores mundiais (BEURON & BRITO, 2016).

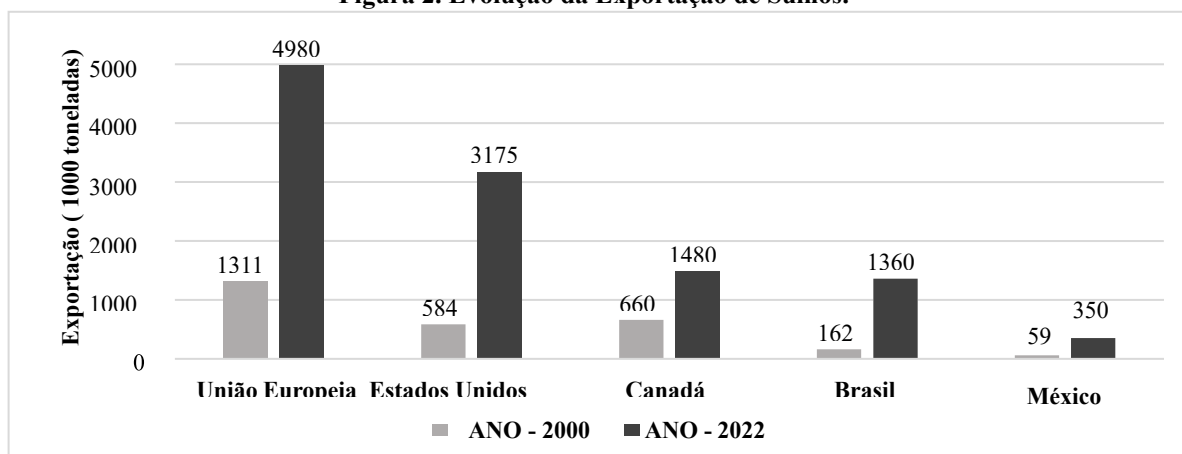
Sendo assim, a suinocultura brasileira possui diferentes características, de acordo com a escala de produção, o nível tecnológico e o arranjo produtivo entre o produtor e a empresa de processamento (SCHMIDT, 2017). O avanço da criação de porcos no Brasil, é resultante de crescimento em diversos aspectos, como aumento da produtividade do rebanho industrial, aumento do número de matrizes alojadas e investimentos nas instalações das granjas. De acordo com a EMBRAPA (2022), o Brasil é atualmente, o quarto maior produtor e quarto maior exportador mundial de suínos. Nas figuras 1 e 2, apresentam-se a evolução da produção e exportação, respectivamente, no top 5 países.

Figura 1. Evolução da Produção de Suínos.



Fonte: Portal EMBRAPA(2022).

Figura 2. Evolução da Exportação de Suínos.



Fonte: Portal EMBRAPA (2022).

3.2. Análise bibliométrica

A bibliometria é uma técnica que emprega métricas quantitativas dos registros bibliográficos, por meio das quais é possível medir a produção científica, o perfil e a disseminação das pesquisas em um determinado campo de conhecimento (ARAUJO, 2006). É uma alternativa útil e eficaz para a descrição do processo de construção do conhecimento, permitindo identificar o volume de conhecimento produzido, os autores de maior relevância e produtividade, dentre outros aspectos.

Os indicadores bibliométricos possibilitam analisar o desenvolvimento de um campo da ciência, de forma a identificar características, como: o crescimento cronológico da produção científica; a produtividade de autores e instituições; a colaboração entre pesquisadores e instituições; o impacto das publicações; e a análise e avaliação de fontes difusoras de trabalhos e a dispersão da produção científica entre as diversas fontes (FREITAS et al., 2013). A revisão bibliométrica é diferente da revisão bibliográfica tradicional. Esta última possibilita apenas uma visão geral sobre assuntos específicos e é usada como argumento para novas pesquisas (MACEDO et al., 2009), ressalta que as suposições do autor, e o viés que ocorre na seleção e análise da literatura, geralmente, não são conhecidos.

3.3. Impactos ambientais

A suinocultura é uma atividade com alto potencial poluidor, principalmente devido ao tratamento dos resíduos gerados. A poluição provocada pelo manejo inadequado dos dejetos suínos cresce em importância a cada dia, quer seja por exigências de mercado para o produto, quer seja por uma maior consciência ambiental dos produtores ou pelo aumento das exigências dos órgãos fiscalizadores e da sociedade em geral (DIESEL, MIRANDA, PERDOMO, 2002).

A produção intensiva de animais constitui-se no núcleo da agricultura moderna, sistema que se justifica sob o pretexto de aumento da produção e redução dos custos, porém com frequência compromete tanto a saúde como as necessidades fisiológicas dos animais (MIRANDA, 2005).

Entre os impactos ambientais que a produção intensiva de animais provoca destacam-se os seguintes:

- A produção, transporte e consumo de alimentos ricos em energia e proteína e o consumo de recursos escassos de terra, água e energia.
- A produção intensiva de alimentos demanda o uso de fertilizantes artificiais e agrotóxicos que eliminam a fauna silvestre e reduzem a biodiversidade.
- Os nutrientes excedentes das granjas industriais contaminam os rios, lagos, águas subterrâneas e do mar, destruindo a vida vegetal e animal.

Outros fatores contribuem para este quadro, tais como: falta de formação de pessoal, de orientação técnica dos produtores e ausência de controle ambiental pelos órgãos responsáveis, apesar da disponibilidade de legislação avançada. Neste contexto, as principais consequências são: a degradação ambiental pela contaminação das águas superficiais e subterrâneas, a poluição orgânica pelo nitrogênio, a presença de microrganismos enteropatogênicos, a alteração das características dos solos e a poluição do ar, pela emissão de maus odores, e a presença de insetos (FILHO et al., 2001).

3.4. Legislação ambiental para suinocultura

Nos países europeus a legislação de proteção ambiental é muito rígida com relação às águas residuárias da suinocultura. No Brasil, somente a partir de 1991 o Ministério Público passou a dar uma maior ênfase ao assunto, fiscalizando e cobrando o cumprimento da legislação, aplicando advertências e multas, e mesmo, pedindo até o fechamento de granjas (DIESEL, 2002).

A busca pelo desenvolvimento sustentável ganhou importância em todas as atividades produtivas, principalmente a partir do final do século XX, passando, em muitos casos, a figurar como um dos objetivos das unidades de produção. No caso da atividade suinícola, essa sustentabilidade tem sido buscada por meio da aplicação de legislação e normas instrutivas sobre a proteção ambiental, seja devido aos cuidados com o conforto animal ou devido ao tratamento dos resíduos gerados no processo produtivo (HERNANDES, SCHMIDT, MACHADO, 2010).

Um marco na evolução da legislação ocorreu com a criação da Lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981). Essa Lei tem por objetivo preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental, além de inserir uma penalização por ato danoso ao meio ambiente. A criação de suínos enquadra-se nesses moldes pela grande quantidade de dejetos gerados, caracterizados por sua grande capacidade poluidora.

Não existe no Brasil uma legislação específica para a suinocultura, mesmo sendo considerada potencialmente poluidora. Não obstante, são vários os instrumentos legais, tanto a nível federal (Política Nacional do Meio Ambiente) quanto estadual (Licenciamento), que interferem no ordenamento da atividade, referente principalmente, à localização das instalações, aos padrões de emissão dos efluentes líquidos e a disposição final dos dejetos (HADLICH, 2004).

3.5. Tratamento dos dejetos suínos

A cadeia produtiva de suínos no Brasil caracteriza-se pela produção intensiva em unidades de confinamento. Esse modelo, além de consumir recursos naturais, gera muitos resíduos, que necessitam de adequado tratamento, percebe-se também, mudanças estruturais com aumento de escala, especialização e tecnificação, tendências relacionadas à crescente integração com a estrutura industrial de abate e processamento (SCHMIDT, 2017).

Os dejetos suínos são constituídos por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros, água de higienização, resíduos de ração, pelos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo de criação dos suínos. As fezes constituem o esterco sólido ou pastoso, enquanto o esterco líquido dos suínos contém matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos na dieta dos animais (CARDOSO, OYAMADA, SILVA, 2015). No Brasil, a forma mais usual de manejo de dejetos é o armazenamento em esterqueiras ou em lagoas e posterior aplicação no solo (KUNZ, HIGARASHI, OLIVEIRA, 2005).

Lagoas de estabilização apresentam-se como uma boa alternativa para o tratamento dos dejetos de suínos. Tais lagoas apresentam baixos custos econômicos, embora ocupem grandes áreas. As lagoas de estabilização são classificadas de acordo com sua atividade metabólica predominante na degradação da matéria orgânica. A remoção da carga orgânica

do sistema de lagoas atinge valores de até 99%. No entanto, alguns parâmetros, como os nutrientes N e P, ainda permanecem acima dos índices exigidos pela legislação ambiental aplicável (CONAMA, 1986), para o descarte em corpos d'água (TAVAREZ, 2012).

Outra alternativa tecnológica é a compostagem de dejetos líquidos, visando sua conversão numa matriz sólida para facilitar seu manejo e exportação de áreas com densidade de produção muito alta. A primeira dificuldade para a compostagem de dejetos de suínos diz respeito à necessidade de remoção da umidade do dejetos, tipicamente maior que 95% (KUNZ, HIGARASHI, OLIVEIRA, 2005). A compostagem, um processo predominantemente aeróbico, aparece como uma boa alternativa para o tratamento da fração sólida dos dejetos (ANTONELLI et al., 2013). Tais sistemas são mais eficientes quando ocorre a separação de sólidos, deixando o tratamento do afluente mais rápido, eficiente e econômico.

A utilização de biodigestores é uma alternativa tecnológica para o gerenciamento dos dejetos de suínos, o que permite a agregação de valor ao resíduo mediante a utilização do biogás produzido em sistemas de geração de energia e calor (KUNZ, HIGARASHI, OLIVEIRA, 2005). Os biodigestores de fluxo ascendente (UASB) apresentam bom desempenho, com baixo TRH, ou seja, sua hidrodinâmica se torna mais eficiente, no tratamento de águas residuárias com pouco teor de sólidos, o que motiva a sua utilização no tratamento de dejetos de suínos, uma vez que os DS são extremamente diluídos, além disso são aplicados para diversos resíduos com volumes menores, em comparação às lagoas anaeróbias e por fim, possui uma boa adaptação às condições climáticas do Brasil, para diversos efluentes líquidos (FERREIRA et al. 2001). Desse modo, como forma de comparar algumas tecnologias que são abordadas no tratamento, expõe-se a Tabela 1.

Tabela 1. Comparativo de algumas tecnologias de manejo ou tratamento, avaliadas ou desenvolvidas no Brasil, para dejetos de suínos.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Esterqueira/ bioesterqueira	Baixo custo, facilidade de operação	Odor, baixa estabilização do dejetos, necessidade de área para aplicação
Separador de sólidos (peneiras)	Rapidez, móvel e compacto, fração sólida com menos umidade	Alto consumo de energia elétrica, preço relativamente alto, eficiência de separação
Decantador de palhetas	Facilidade de operação, baixo custo, alta eficiência de separação	Lento, gera grande volume de lodo com umidade alta
Biodigestores	Reduz o odor, agrega valor ao dejetos pela produção de fertilizante e biogás	Suscetível a mudanças de manejo, como uso de antibióticos e desinfetantes
Sistema de lagoas em série UFSC/Embrapa	Grande eficiência, custo relativamente baixo	Problemas com odor, tempo de residência muito alto
Lagoas de alta taxa e aerada	Aumenta a remoção de nutrientes	Aumenta o tempo de tratamento e a área ocupada pelo sistema
Compostagem	Redução de odor e de insetos, agrega valor (fertilizante)	Exige manejo adequado (umidade, aeração, temperatura)
Sistema de cama sobreposta	Idem compostagem, redução de consumo de água para higienização, conforto animal	Manejo do sistema para eliminar riscos sanitários

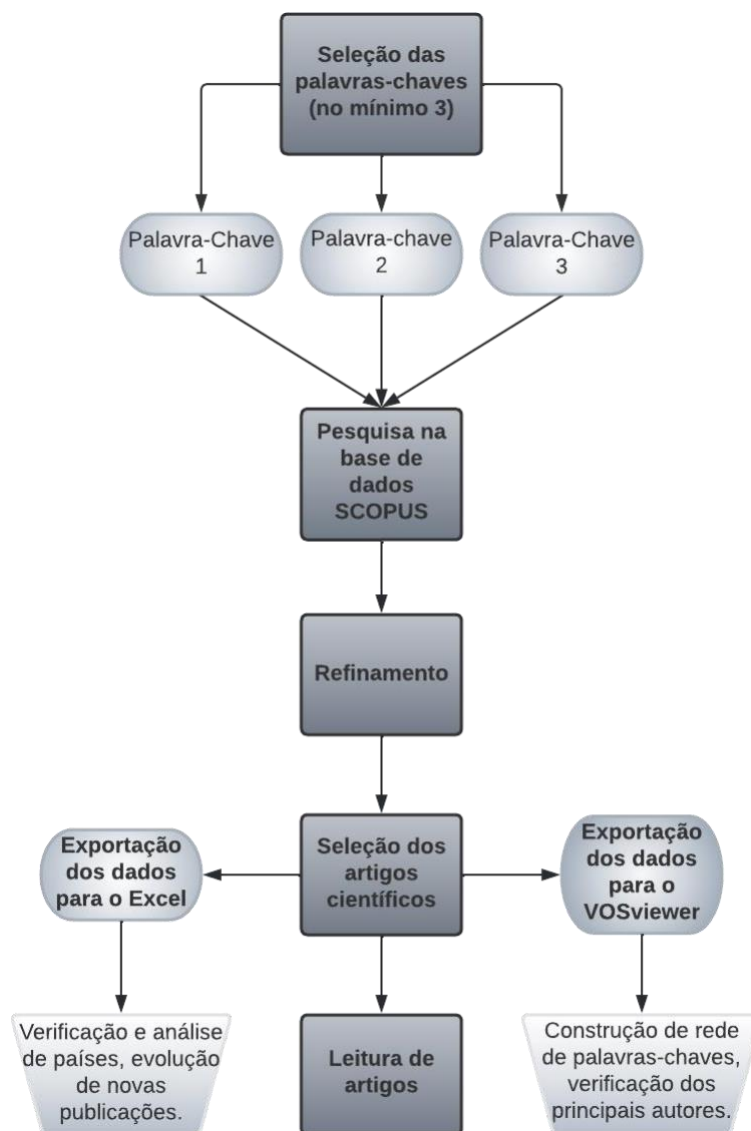
Fonte: EMBRAPA (2003).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, foram utilizadas as metodologias abordadas por SANTOS (2021), CASTRO (2021), SANTOS (2021), onde realizou-se buscas de forma estratégica relacionados ao tema na base de dados Scopus.

Com intuito de descrever esta metodologia, apresenta-se um fluxograma que pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3. Fluxograma da metodologia.



Fonte: Autora, 2022.

4.1. Base de Dados

A base de dados agrupa vários tipos de conteúdo científico, tais como: artigos, resumos, referências, dissertações, entre outros. Para realização dessa pesquisa foi selecionada a base Scopus (Elsevier), localizada na lista de bases do Portal de Periódicos CAPES, servindo para captação de publicações referentes ao estudo.

A Scopus é uma das maiores base de dados de resumos e citações, possui uma ampla cobertura global e regional, seu conteúdo é revisado por especialistas independentes no assunto e, dessa forma, garante que apenas dados da mais alta qualidade sejam indexados (SANTOS, 2021).

A primeira busca foi realizada em 24 de janeiro de 2022 utilizando as seguintes *strings*: “*treatment*” OR “*trends*” AND “*wastewater*” AND “*swine*”. Dessa forma, sem nenhum tipo de filtro retornaram 1790 documentos. Porém, após uma análise inicial, viu-se que estes documentos destoavam do objetivo desse estudo, que para este momento é focar em tratamentos realizados em reatores. Assim, ficou evidente a necessidade de encontrar novas *strings* que possibilitassem uma maior relevância e eficiência em resultados.

4.2. Obtenção de dados

Com intuito de retornar novos documentos que obtivessem o tratamento dos dejetos/resíduos suínos, incrementou-se novas palavras de buscas, estas incluem “*swine*”, “*manure*”, “*slurry*”, “*treatment*”, “*reactor*”, “*pig*”, estas palavras em português são, respectivamente, suíno, estrume, pasta, tratamento, reator e porco. Então, no dia 04 de maio de 2022, foram realizadas várias combinações para pesquisa na base de dados Scopus. A Tabela 2 apresenta a combinação que utilizou-se para este estudo e seu retorno quanto ao número de documentos.

Tabela 2. Tentativas de Combinação

Combinação de <i>Strings</i>	Nº de Documentos
" <i>Pig manure</i> " OR " <i>Swine manure</i> " OR " <i>Swine slurry</i> " OR " <i>Pig slurry</i> " AND " <i>Reactor</i> "	659

Fonte: Autora, 2022.

Além disso, as palavras-chaves escolhidas demonstraram documentos bem pertinentes ao tema proposto, com a combinação de termos em seus títulos, visto isso, foi perceptível que a maioria dos trabalhos eram artigos, sendo 583, como apresenta na Tabela 03.

Tabela 3. Tipos de documentos.

Tipo de Documento	N° de Documentos
Artigo	583
Artigo de Conferência	65
Revisões	6
Capítulo do Livro	2
Retraída	2
Livro	1
Total	659

Fonte: Autora, 2022.

Dessa forma, aplicamos o primeiro filtro de busca para retorno apenas de artigos de pesquisa. Em seguida, estudou-se as afiliações, autores, países, categorias e a evolução dos anos.

4.3. Extração e análise dos dados

As informações obtidas na base de dados Scopus foram examinados com auxílio do Excel e do software *VOSViewer* (versão 1.6.18). Assim, os registros bibliométricos foram exportados em formato CSV e usados como entrada no *VOSViewer*, podendo identificar as coautorias de países, instituições e autores, e as principais palavras-chaves. Desse modo, poderão ser avaliados para construção de redes de interação, mapas e *clusters*.

As características gerais dos artigos, dados acerca de tipo de documento, países, instituições, número de publicações e citações, afiliações, foram exportadas para o Excel, para construção de gráficos e tabelas. Para finalizar, ainda ocorreu a parte da leitura dos artigos, a fim de identificar a finalidade de cada eixo temático. Assim, foram selecionados os dez artigos mais citados de cada década, para analisar as tecnologias abordadas e com mais significância para o assunto. Ainda foram criadas tabelas com os respectivos temas dos artigos, os autores, as citações e os objetivos sustentáveis, para que fosse possível realizar a comparação com as palavras chaves geradas de cada década no *VOSViewer*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das combinações de strings, foram obtidos 659 documentos referentes a tratamento de dejetos suínos por reatores e afins, isto se deu a partir de 1982 e envolveu mais de 40 autores e 30 países. Os seguintes resultados refletem uma análise de desempenho de acordo com dados encontrados.

5.1. Características dos documentos

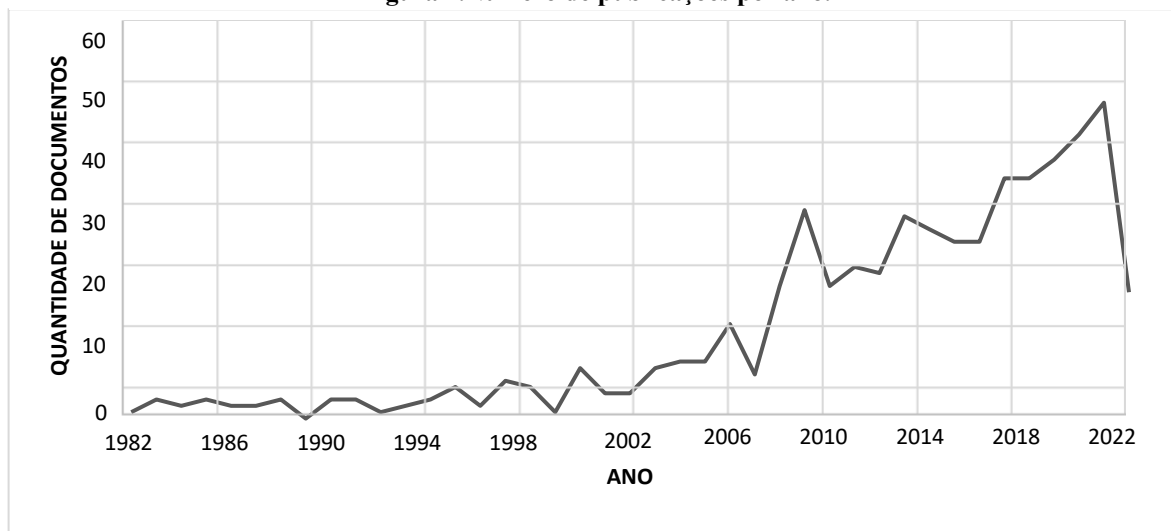
5.1.1. Quanto à tipologia do documento

Como abordado na metodologia, o primeiro refinamento ocorrido foi quanto a tipologia do documento, na base de dados apresenta-se um total de sete categorias, são elas: Artigo (583; 88,44%), Artigo de Conferência (65; 9,9%), Revisões (6; 0,91%), Capítulo do Livro (2; 0,3%), Retraída (2; 0,3%) e Livro (1; 0,15%). Estes já foram descritos na Tabela 3. Vale ressaltar que ocorreu refinamento e para os próximos resultados, terão apenas as análises em artigos. Observou-se quanto aos artigos, que o idioma predominante é o inglês (519; 89%), seguido do chinês (54; 9%), português (6; 1%), espanhol (3; 0,5%), francês (1; 0,17%), japonês (1; 0,17%), russo (1; 0,17%) e esloveno (1; 0,17%).

5.1.2. Quanto a análise temporal

A Figura 4 elenca a evolução dos artigos publicados por ano, onde o primeiro estudo foi realizado em 1982.

Figura 4. Número de publicações por ano.

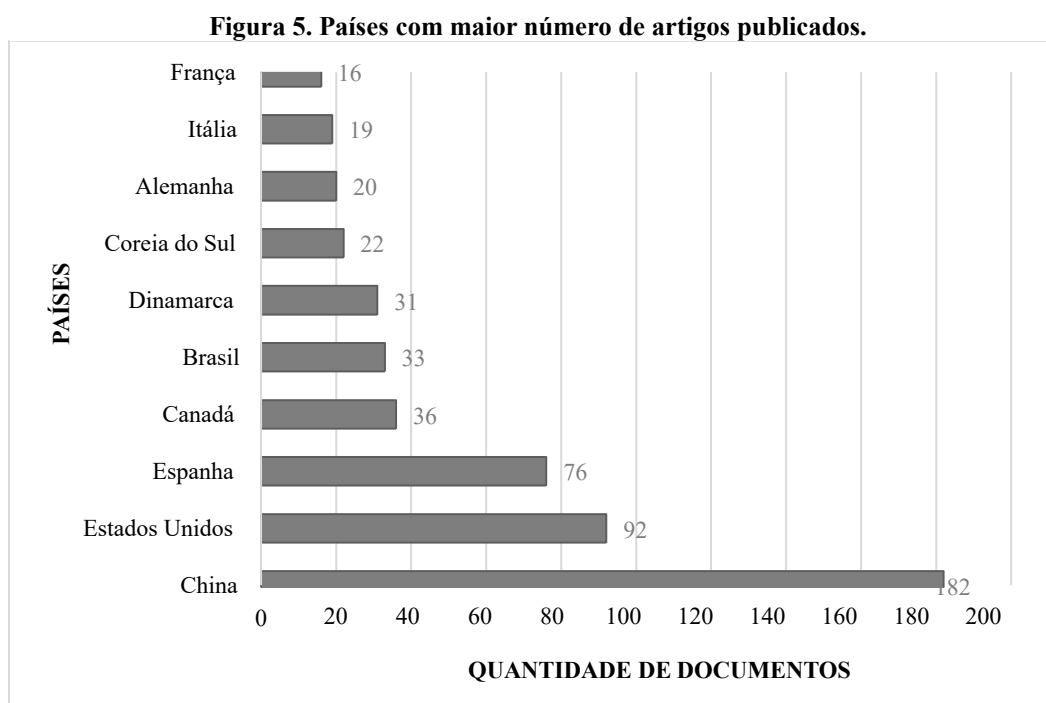


Fonte: Autora, 2022.

Desse modo, é notório que o campo de estudo está em expansão, no último ano (2021), atingiu a quantidade de 50 artigos publicados, a maior quantidade desde o princípio. Para o ano de 2022, se encontram publicados até o mês de maio um total de 23 artigos.

5.1.3. Quanto aos Países

Desde a revisão bibliográfica, é perceptível que a China é o maior produtor de suínos do mundo, conseqüentemente, são eles que possuem mais artigos publicados com 31,2%. Ao todo, 31 países possuem artigos nesse ramo de pesquisa. A Figura 5 apresenta os 10 países que mais publicaram.

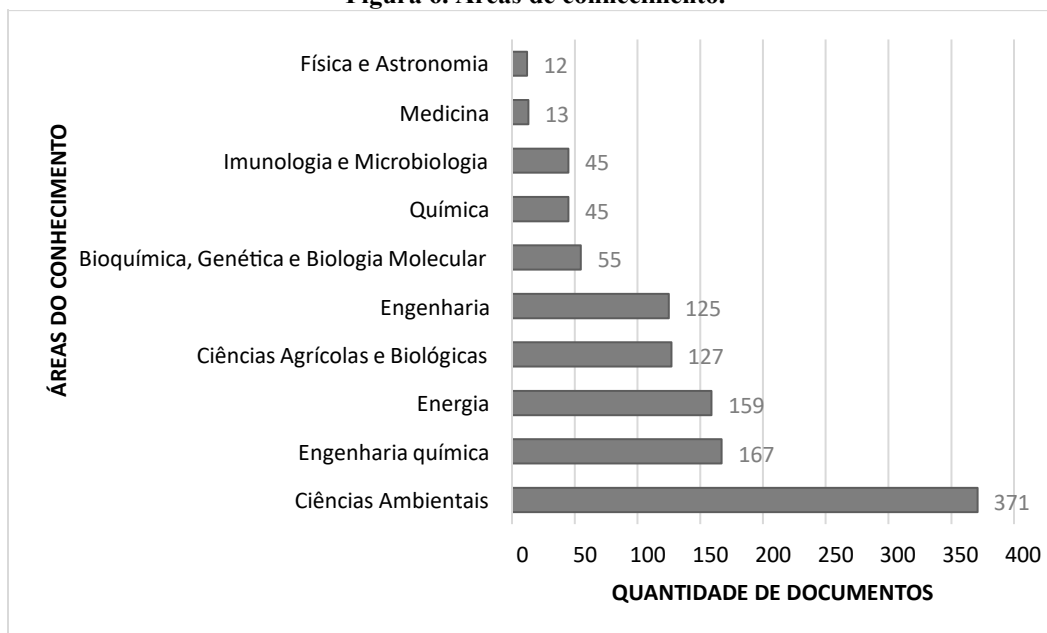


Fonte: Autora, 2022.

5.1.4. Quanto as Áreas do conhecimento

As áreas de estudo estão elencadas na Figura 6, assim as com maiores números de documentos foram Ciências Ambientais (371; 63,6%), Engenharia Química (167; 28,6%), Energia (159; 27,3%), Ciências Agrícolas e Biológicas (127; 21,8%) e Engenharia (125; 21,4%).

Figura 6. Áreas de conhecimento.



Fonte: Autora, 2022.

5.1.5. Quanto às Afiliações/Instituições

Na Tabela 4, apresenta-se as 20 maiores instituições que mais contribuíram, relacionados a quantidade de artigos publicados. Desse modo, ao observar nos tópicos anteriores que a China seria o país que mais produz artigos relacionados a este título, elencamos aqui que as maiores afiliações também são da China.

Tabela 4. Instituições que mais contribuíram e a quantidade de artigos.

Nº	Instituições	Artigos	Nº	Instituições	Artigos
1	China Agricultural University	39	11	University of Chinese Academy of Sciences	12
2	Ministry of Agriculture of the People's Republic of China	30	12	University of Illinois Urbana-Champaign	11
3	University of Minnesota Twin Cities	21	13	Moorepark Animal & Grassland Research Centre	11

4	Technical University of Denmark	19	14	Teagasc - Irish Agriculture and Food Development Authority	11
5	Chinese Academy of Sciences	19	15	Northwest A&F University	11
6	Agriculture et Agroalimentaire Canada	19	16	Universidade Estadual do Oeste do Paraná	10
7	NUI Galway	15	17	Tsinghua University	10
8	Dairy and Swine Research and Development Centre	15	18	Instituto tecnológico Agrario de Castilla y León ITACYL	10
9	Universidad de Santiago de Compostela	15	19	Oklahoma State University	9
10	EMBRAPA	13	20	INRAE	9

Fonte: Autora, 2022.

5.1.6. Quanto aos Autores

Colhe-se da Tabela 5, os autores que mais publicaram artigos referente ao tratamento dedejetos suínos. Vale ressaltar que neste tópico não estão separados por autoria e coautoria. Dessa maneira, vemos que Zhu, J. é o que possui mais publicações.

Tabela 5. Autores que mais publicaram artigos.

Autor	Quantidade de Artigos	Autor	Quantidade de Artigos
Zhu, J.	17	Bakke, R.	6
Massé, D.I.	16	Bergland, W.H.	6
Han, L.	13	Béline, F.	6
Zhan, X.	12	Chaiprapat, S.	6
Lawlor, P.G.	11	Dong, R.	6
Huang, G.	10	Hamilton, D.W.	6
Kunz, A.	10	Lema, J.M.	6
Li, G.	9	Liu, X.	6

Zhang, Y.	9	Molinuevo-Salces, B.	6
Ahring, B.K.	8	Méndez, R.	6
Angelidaki, I.	8	Bonmatí, A.	5
Campos, J.L.	8	Cerrillo, M.	5
García-González, M.C.	8	Chang, Z.	5
Ndegwa, P.M.	8	Clemens, J.	5
Zhang, K.	8	Dennehy, C.	5
Du, L.	7	Dong, H.	5
Masse, L.	7	Droste, R.L.	5
Miller, C.	7	Figueroa, M.	5
Mosquera-Corral, A.	7	Gardiner, G.E.	5

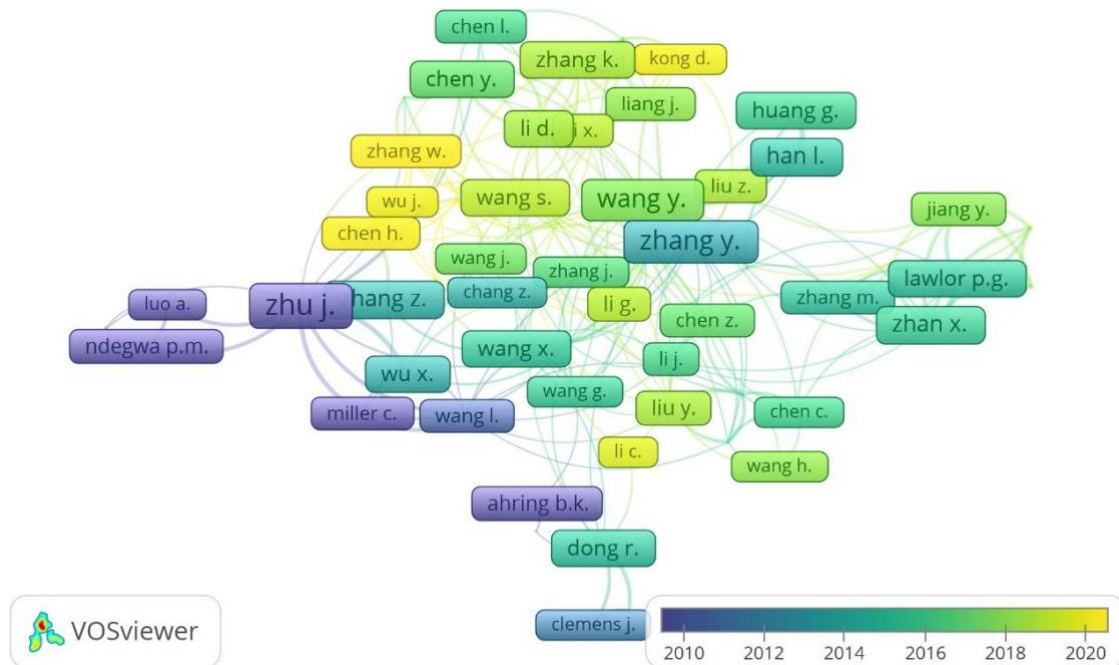
Fonte: Autora, 2022.

5.2. Análise no software VOSViewer

5.2.1. Autores

Neste tópico apresentam-se os principais autores por artigos publicados, observados na Figura 7, não obstante estes são de Coautoria. É perceptível também a evolução dos anos referenciados nas cores. Em destaque, se tem Zhu, J. e Zhang Y.

Figura 7. Principais grupos de coautoria.

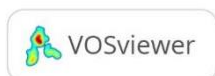
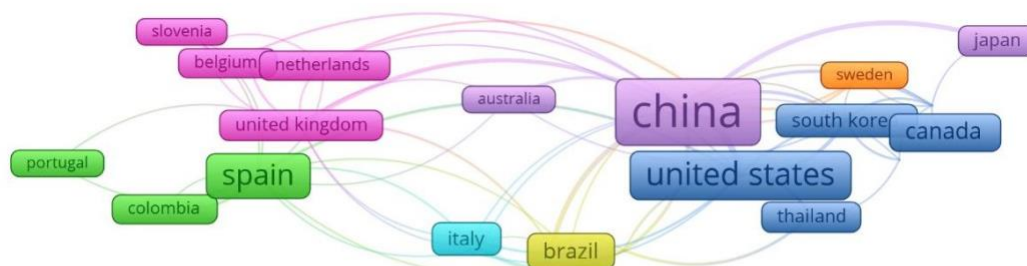


Fonte: Autora, 2022.

5.2.2. Países

Foram localizados sete clusters, ou seja, grupos de países que possuem colaborações entre si, pelo software *VOSviewer*, na Figura 8. O Brasil apresenta interligações com Itália e Estados Unidos.

Figura 8. Rede colaborativa entre países nos artigos de pesquisas.



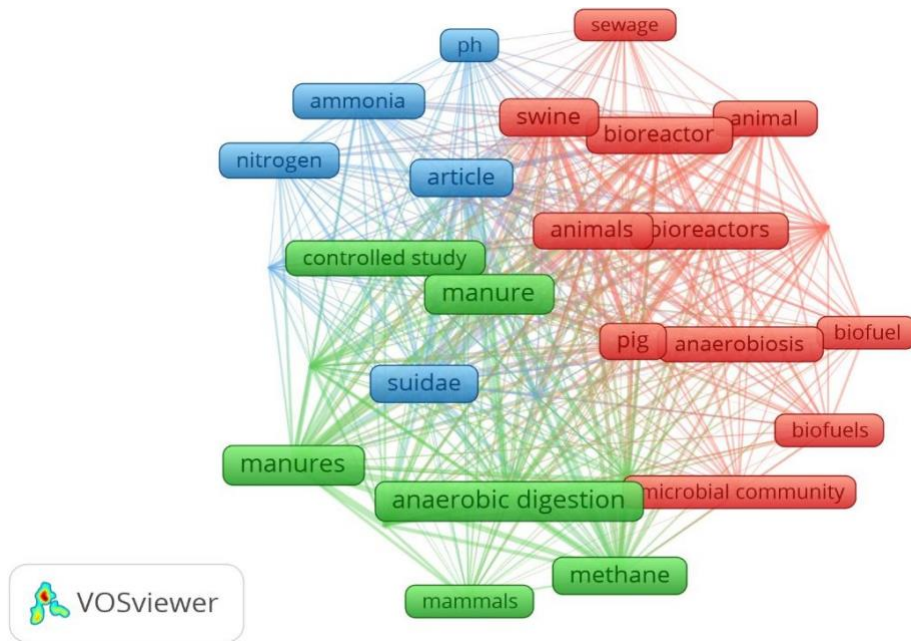
Fonte: Autora, 2022.

5.2.3 Palavras-chaves

Através das palavras-chave pode-se compreender a evolução dos estudos, por isso é fundamental para esta pesquisa. Pois, é possível avaliar as principais tendências decorrentes do tema abordado.

Utilizando o software *VOSviewer*, observou-se que 5.221 palavras-chave foram usadas pelo menos 5 vezes. De modo geral, na Figura 9 apresenta-se as 22 palavras-chaves mais utilizadas.

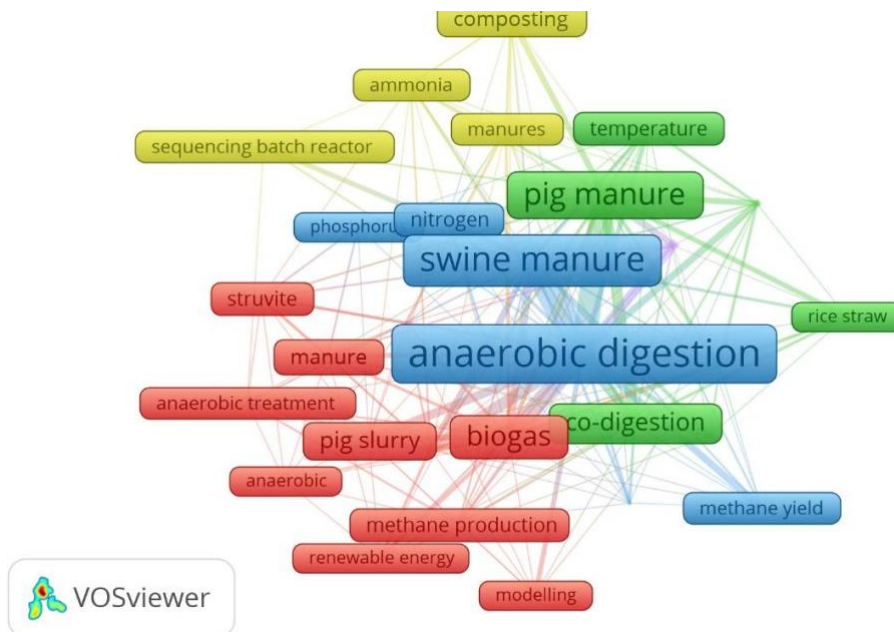
Figura 9. Rede de palavras-chave mais recorrentes.



Fonte: Autora, 2022.

Assim, é possível evidenciar as seguintes palavras-chaves “manure”, “swine”, “bioreactor” e “anaerobic digestion”, todas elas estão alinhadas com o tema central desta pesquisa. Na Figura 10, apresentam-se as palavras-chaves mais utilizadas por autores nos artigos sobre tratamento de dejetos suínos.

Figura 10. Rede de palavras-chaves utilizadas por autores.

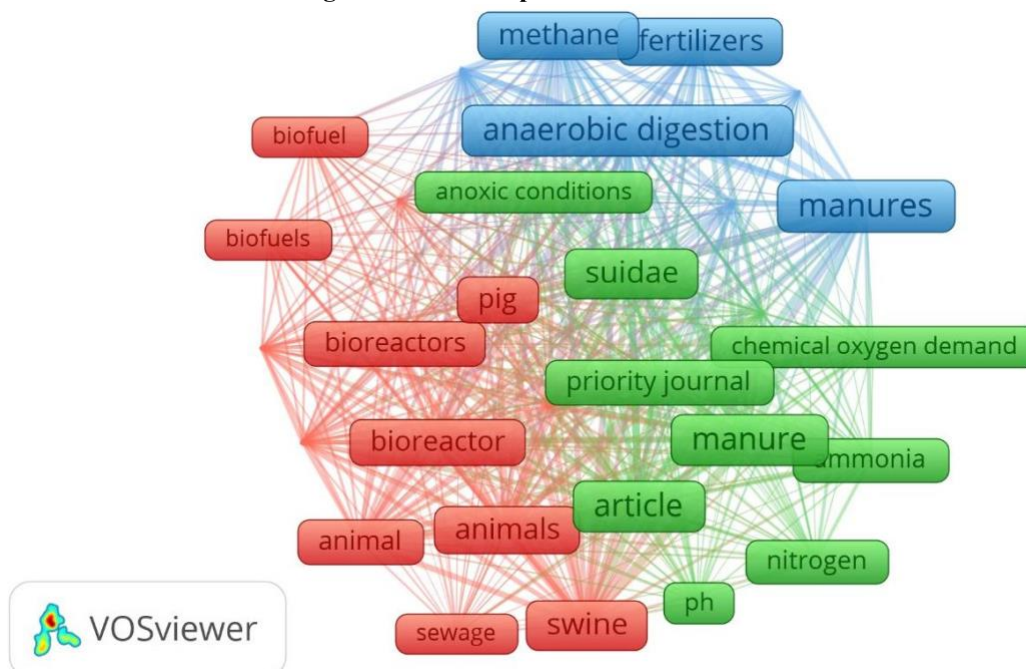


Fonte: Autora, 2022.

Examinando, tem-se que as palavras-chaves mais utilizadas são: “anaerobic digestion”, “swine manure”, “pig manure”, “co-digestion” e “biogás”. Dessa forma, todas as palavras podem ser relacionadas com o presente estudo.

Por fim, na Figura 11, contém as palavras-chaves indexadas.

Figura 11. Rede de palavras indexadas.



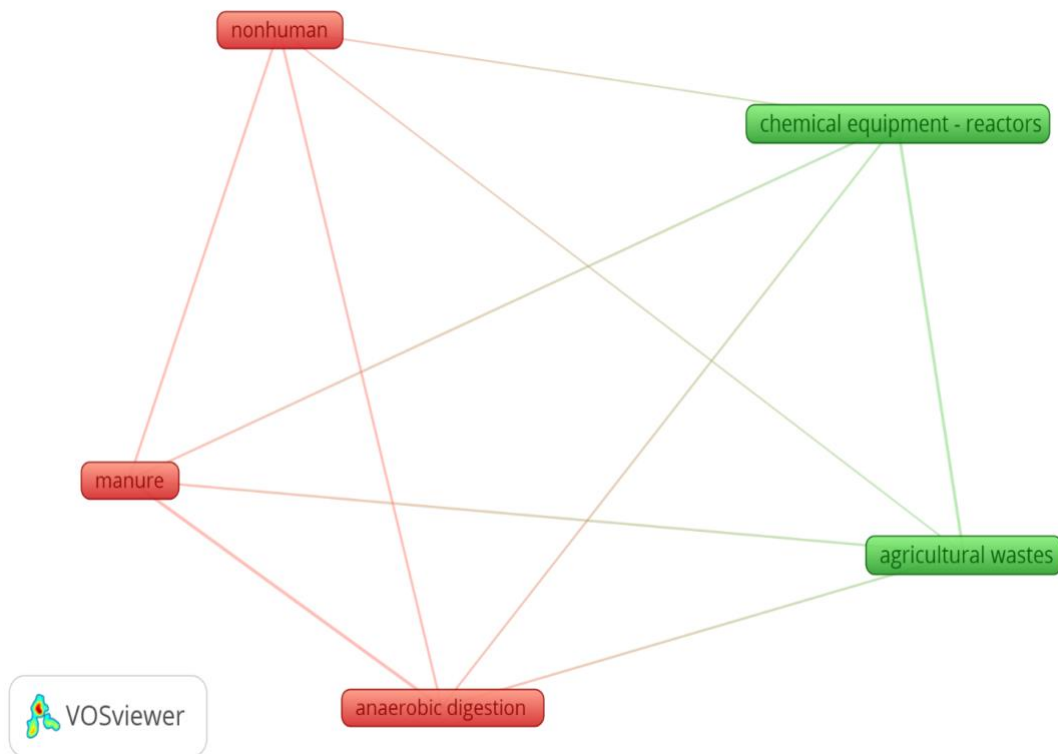
Fonte: Autora, 2022.

5.3. Análise dos Artigos por Décadas

5.3.1. Década de 80

Durante o período de 1982 a 1988, foram publicados 16 artigos e com o auxílio do *VOSviewer* retornaram as 87 palavras-chaves onde foram selecionadas as que tiverem no mínimo 5 recorrências, apresentada na Figura 12. De acordo com as áreas de estudo abordadas tem-se que 07 artigos correspondem a área de Engenharia (26,9%), 04 à Bioquímica, Genética e Biologia Molecular (15,4%), 04 a Imunologia e Microbiologia (15,4%), 03 a Engenharia química (11,5%), 03 a Ciência Ambiental (11,5%), 02 a Ciências Agrárias e Biológicas (7,7%), 02 a Ciências da Terra e Planetárias (7,7%) e por fim 01 a Medicamento (3,8%).

Figura 12. Palavras chaves de 1982 a 1988.



Fonte: Autora, 2022.

Essas palavras chaves estão de acordo com o índice de pesquisa da época, pois os dejetos suínos, mesmo sendo produzidos em pequena quantidade, eram utilizados na maioria da vezes como fertilizante, decorrente da cultura da época. Assim, nota-se também que o tipo de tratamento mais recorrente foi digestão anaeróbia.

Com isso, analisando os artigos dessa década constatou-se que no início foram realizados estudos sobre a digestão em escala piloto de sobrenadante de lodo suíno usando um filtro anaeróbico de fluxo ascendente. Dessa forma, o estudo foi feito a partir de um filtro anaeróbico de fluxo ascendente contendo um material suporte de polipropileno e mostrou-se a eficiência referente aos telados por gravidade que pode ser digerido em altas taxas de carregamento, assim como, em curtos tempos de retenção hidráulica. Além disso, apesar da sobrecarga orgânica e transitória, fora observado o desempenho estável do filtro, onde o

biofilme que foi aderido ao material de suporte plástico mostrou compreender a maior fração do viés ativo dentro do reator.

Posteriormente, a partir de um estudo envolvendo digestores anaeróbicos carregados continuamente em semi-batelada, se demonstrou que a modelação matemática convencional da cinética de crescimento microbiano sob condições inibidoras não é suficiente. Partindo do princípio que a cinética microbiana da fermentação do metano na digestão anaeróbica de resíduos orgânicos tem sido tradicionalmente descrita usando estudos de substratos puros, culturas relativamente isoladas e reatores biológicos de fluxo contínuo, o estudo de Colina et al. (1983) mostrou que a cinética convencional foi imprecisa ao descrever operações referente à reatores semi-batelada sob condições inibidas.

Com o decorrer dos anos foi notável que a fermentação anaeróbica de estrume recebeu um grande destaque, deixando de ser utilizada apenas como fertilizante. Desse modo, constatou-se um grande avanço nas pesquisas referentes a dejetos de animais na recuperação de energia. Um exemplo de suma relevância foi o artigo de (POELS et al, 1983) referente a uma granja fechada com 45 porcas produtivas e 300 porcos de engorda e passou a utilizar o biogás produzido com estrume de porco em um digestor anaeróbico. Vale ressaltar que esse estudo se caracterizou com o objetivo sustentável de energia acessível e limpa.

Ademais, a partir de reatores anaeróbicos completamente misturados contendo aproximadamente 10% de seu volume de trabalho de espuma de poliuretano (PUR), constatou-se que eles podem digerir pastas heterogêneas com o dejetos de porco de forma estável. Nessa perspectiva, o estudo de (BOSSIER, 1986), analisou a influência do tamanho dos poros e tamanho da almofada da espuma PUR, demonstrando que tamanho do bloco não apresentou importância significativa, não tendo efeito relevante no desempenho dos digestores dentro da faixa examinada.

Por fim, a tabela 6 apresenta uma análise resumida dos estudos da década 80. Nesse âmbito, pode-se perceber que apenas 50% dos estudos apresentaram objetivos sustentáveis e foram apenas 04 tipos dos 22 propostos. É imprescindível citar que o país que mais publicou artigos neste período foram os Estados Unidos, com 04 artigos. Desse modo, unindo as informações da Tabela 06 em conjunto com as palavras chaves obtidas e a leitura dos artigos,

confirma-se que a digestão anaeróbia é a mais utilizada, mas com tecnologias compatíveis a cada necessidade de estudo.

Tabela 6. Publicações na década de 80.

Década de 80					
Título do documento	Autores	Ano	Tecnologia	Nº de Citações	Objetivos Sustentáveis
1 Digestão em escala piloto de sobrenadante de lodo suíno usando um filtro anaeróbico de fluxo ascendente	Wilkie, A., Colleran, E.	1986	Filtro anaeróbico de fluxo ascendente	17	-
2 A cinética de inibição na fermentação do metano de dejetos suínos	Colina, DT, Tollner, EW, Holmberg, RD	1983	Digestores anaeróbios carregados continuamente e em semi-batelada	17	Consumo e produção responsáveis
3 Tratamento biológico de estrume de suínos através da produção de biomassa de algas unicelulares	Martin, C., Picard, G., de la Noüe, J.	1985	Tratamento biológico por meio de bactérias aeróbicas	10	Água limpa e saneamento
4 Características operacionais e de desempenho da raspagem de dejetos suínos como substrato de digestão anaeróbica termofílica.	Hill, DT, Holmberg, RD, Bolte, JP	1985	Fermentação anaeróbica	9	-
5 Digestão anaeróbica melhorada de esterco de porco usando um fermentador de torre	Callander, IJ, Barford, JP	1984	Digestão anaeróbica com fermentador de torre	9	Água limpa e saneamento
6 Estudos sobre a redução de bactérias patogênicas e indicadoras em dejetos líquidos de suínos tratados por sedimentação e digestão anaeróbica	Olsen, JE	1988	Digestão anaeróbica com filtro	8	-

	com filtro para geração de metano					
7	Influência das características dimensionais da espuma de poliuretano na digestão anaeróbia de alta taxa de esterco suíno.	Bossier, P. , Poels, J. , Van Assche, P. , Verstraete, W.	1986	Reatores anaeróbicos completamente misturados	6	-
8	Digestão anaeróbica de esterco suíno com celulose como co-substrato	van Assche, P. , Poels, J. , Verstraete, W.	1983	Digestão anaeróbica	5	-
9	Plástico de lama vermelha em estrumes suínos em reator anaeróbico com reciclagem de lodo no Havái.	Yang, PY , Nagano, SY	1985	Reator anaeróbico com reciclagem de lodo	4	Água limpa e saneamento / Consumo e produção responsáveis
10	Desempenho, operação e benefícios de um sistema de digestão anaeróbia em uma granja fechada.	Poels, J. , Neukermans, G. , van Assche, P. , Debruyckere, M. , Verstraete, W.	1983	Digestor anaeróbico	4	Energia acessível e limpa

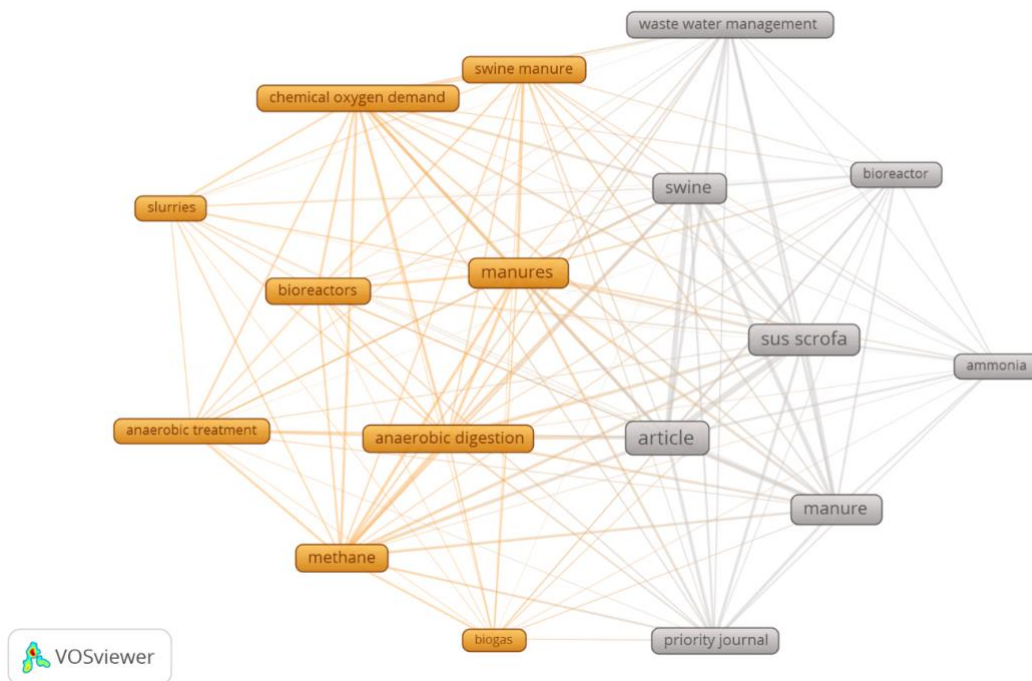
Fonte: Autora, 2022.

5.3.2. Década de 90

Este período foi analisado de 1990 a 1999 e foram publicados 31 artigos. Com a ajuda do VOSViewer retornaram 365 palavras-chaves, assim, pode ser observado na Figura 13 as que aparecem no mínimo com 05 recorrências. De acordo com as áreas de estudo abordadas tem-se que os artigos correspondem a área de Ciência Ambiental (41,7%), Engenharia Química (16,7%), Ciências agrárias e Biológicas (8,3%), Energia (8,3%), Engenharia (6,3%), Químicas (4,2%), Ciência da terra e planetárias (4,2%), imunologia e microbiologia (4,2%), bioquímica, genética, biologia molecular (2,1%),

economia, econometria e finanças (2,1%).

Figura 13. Palavras chaves de 1990 a 1999.



Fonte: Autora, 2022

É notório que o leque de palavras-chaves se tornou mais abrangente, não obstante, ainda é possível ver que as que mais se destacam são semelhantes à década passada. No mais, é válido destacar os novos termos inseridos como biogás e biorreatores, pois consolida as novas vertentes abordadas para tratar dos estrumes suínos, visando o mínimo impacto possível.

No início da década de 90, foi elaborado um estudo referente à Compostagem de esterco de suíno sólido separado (LIAO et al 1993). Nesse contexto, a partir de uma amostra de pasta coletada semanalmente e tratada com ozônio foi possível determinar a eficácia do ozônio na redução dos maus odores as amostras armazenadas. Nesse âmbito, concluiu-se que o ozônio é muito eficaz em reduzir os odores a um nível aceitável. Vale ressaltar que nenhuma mudança nas concentrações de fosfato solúvel e nitrogênio amônia foi observada após a ozonização nesta dosagem.

Posteriormente, o estudo de Liao (1995), mostrou que experimentos em escala de laboratório foram realizados para estudar a aeração e a remoção do ar (air-stripping) com o intuito de remover amônia de efluentes suínos com altas concentrações de nitrogênio. A partir disso, os efeitos da temperatura, da relação de fluxo ar para líquido e pH foram investigados usando águas residuais com uma variedade de concentrações de sólidos e até mesmo valores de pH. Assim, concluiu-se que quando ocorre uma alta eficiência de remoção de amônia do método air-stripping, é um indicador que ele poderia fornecer uma solução provisória para os problemas atuais de gerenciamento de resíduos na indústria suína.

Em 1997 outros assuntos relacionados a dejetos suínos foram ganhando destaque, ressaltando a importância de controlar os odores dos esterco suínos, como exemplo o estudo de Massé (1997) referente ao potencial para o tratamento anaeróbico psicrófilico do esterco suíno em reator de batelada de sequenciamento (SBRs), com alimentação intermitente, onde constatou-se que a digestão anaeróbica psicrófilica (PAD) em SBRs foi eficiente na estabilização e desodorização do esterco de suínos. E o estudo de (WATKINS et al, 1997) que demonstrou nos valores de pH estudados (cerca de 7) que a ozonização é eficaz na eliminação dos maus odores associados à pasta suína armazenada e para matar bactérias potencialmente patogênicas, sem aumentar as concentrações dos principais poluentes de preocupação atual (nitrato e fosfato) e sem oxidar a amônia, que é um importante nutriente para as plantas.

No final da década, destacamos Boopatia (1998), mostrando que com o uso de quatro reatores anaeróbios defletores em escala de laboratório (com duas, três, quatro e cinco câmaras, respectivamente) é possível efetuar o tratamento com sucesso dejetos inteiros de suínos. Vale ressaltar, que o estudo concluiu que os reatores foram eficazes na função de prender as partículas de pequeno diâmetro, contendo: metano de proteínas, celulose, hemicelulose e lipídios. E Hansen (1998) que utilizou reatores de tanque de agitação contínua para obter uma degradação anaeróbica estável inibido por amônia, resultando em rendimentos de metano que foram significativamente inferiores ao rendimento potencial de biogás do dejetos suíno utilizado e maiores concentrações de amônia livre resultaram em uma diminuição da taxa de crescimento específico aparente.

A tabela 7 apresenta uma análise resumida dos artigos publicados na década 90. Nesse contexto, constatou-se que a maior parte dos estudos não apresentaram objetivos sustentáveis, porém apareceu um diferente da última década que foi Indústria, inovação e infraestrutura. Vale ressaltar que o país que mais publicou artigos neste período foi Canadá, com 10 artigos publicados. Portanto, a partir desta análise, constatou-se que grande parte dos artigos analisados neste período são referentes à tecnologia dos Reatores.

Tabela 7. Publicações na década de 90.

Década de 90					
Título do documento	Autores	Ano	Tecnologia	Nº de Citações	Objetivos Sustentáveis
1 Digestão anaeróbica de suínos estrume : Inibição por amônia	Hansen, K.H., Angelidaki, I., Ahring, B.K.	1998	Reatores de biogás (degradação anaeróbia termofílica)	915	-
2 Remoção de nitrogênio das águas residuais do esterco suíno por remoção de amônia	Liao, P.H., Chen, A., Lo, K.V.	1995	Reatores de tubos de acrílico (método da extração de ar)	189	Água limpa e saneamento/ Indústria, inovação e infraestrutura / Consumo e produção responsáveis
3 Melhorando a digestão anaeróbia termofílica do esterco	Hansen, K.H., Angelidaki, I., Ahring, B.K.	1999	Reatores CSTR	148	-
4 Metanogênese em reatores de biogás termofílicos	Ahring, B.K.	1995	Reatores de biogás termofílicos	119	-
5 Tratamento biológico de resíduos suínos usando reatores desconcertados anaeróbios	Boopatia, R.	1998	Reatores desconcertados anaeróbios	79	-

6	Potencial para o tratamento anaeróbico psicofílico do esterco suíno usando um reator de lote de sequenciamento	Massé, D.I., Droste, R.L., Kennedy, K.J., Patni, N.K., Munroe, J.A.	1997	Reatores de sequenciamento de lote	51	Água limpa e saneamento
7	Ozonação de resíduos de esterco suíno para controlar odores e reduzir as concentrações de patógenos e metabólitos tóxicos da fermentação	Watkins, B.D., Hengemuehle, S.M., Person, H.L., Yokoyama, M.T., Masten, S.J.	1997	Reator de lote	36	-
8	O efeito do armazenamento e da ozonização nas características físicas, químicas e biológicas dos lixéiras de esterco suínos	Wu, J.J., Park, S.-H., Hengemuehle, S.M., (...), Person, H.L., Masten, S.J.	1998	Reator de fermentação	32	-
9	Compostagem de esterco de suíno sólido separado	Liao, P.H., Vizcarra, A.T., Chen, A., Lo, K.V.	1993	Compostagem	27	Consumo e produção responsáveis
10	Compostagem de resíduos suínos sólidos separados	Lo, K.V., Lau, A.K., Liao, P.H.	1993	Compostagem	25	Consumo e produção responsáveis

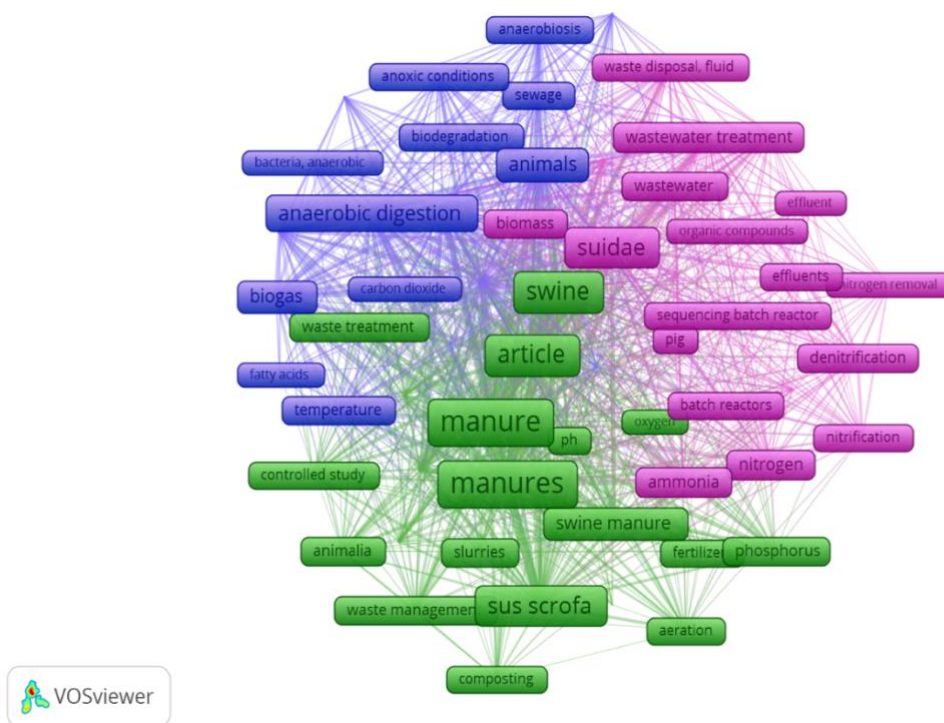
Fonte: Autora, 2022.

5.3.3. Anos 2000

Para o período de 2000 a 2009, foram publicados 118 artigos. E utilizando o software VOSViewer retornaram 1638 palavras-chaves que se pode observar na Figura 14, nela encontram-se apenas as que se repetiram pelo menos 10 vezes. De acordo com as áreas de

estudo abordadas tem-se que correspondem a área de Ciência Ambiental (33,00%), Ciências agrárias e Biológicas (18,8%), Engenharia Química (13,4%), Engenharia (9,8%), Energia (9,4%), Bioquímica, Genética, Biologia molecular (4,5%), Imunologia e Microbiologia (4,0%), Química (3,1%), Ciência dos materiais (0,9%), Medicina (0,9%) e outros (2,2%).

Figura 14. Palavras chaves de 2000 a 2009.



Fonte: Autora, 2022.

É notório avaliar que ao longo do tempo, as possibilidades de tratamento para esses esterco de porcos estão aumentando, assim já se encontra nas palavras-chaves algumas relacionadas ao tratamento biológico como a compostagem, vermicompostagem, remoção de nitrogênio, biodegradação. Assim, o enfoque dessa década gira em torno de alternativas biológicas e o aparecimento da busca de energias renováveis com uma nova diversidade de reatores.

Relacionado as energias renováveis, tem-se o estudo de (HE et al, 2000) que buscou um processo alternativo para o tratamento de resíduos e produção de energia renovável. Nesse âmbito, um dos intuitos da pesquisa foi explorar a viabilidade da produção de óleo a

partir de dejetos suínos e determinar taxas de redução de resíduos através de Conversão Termoquímica (TCC). Alguns anos depois, os resultados do estudo de Kaparaju e Rintala (2005) através da co-digestão de batatas e/ou seus subprodutos industriais com esterco em escala agrícola em reatores de tanque, demonstra que geraria energia renovável e forneceria um meio de tratamento de resíduos para a indústria.

No fim da década, ainda continuaram as buscas por métodos para produção de energia renovável, Chae et al. (2008) com o intuito de obter critérios básicos de projeto para digestores anaeróbios de esterco, foram avaliados os distintos efeitos de temperaturas de digestão, choques de temperatura e cargas de alimentação nos rendimentos de biogás e no teor de metano. Nesse âmbito, constatou-se que o teor de metano aumentou com o aumento das temperaturas de digestão. No entanto, apenas em pequena medida. Além disso, choques de temperatura entre 30°C e 35°C e novamente de 30 a 32°C proporcionaram uma diminuição na taxa de produção de biogás. Porém, rapidamente retomou o valor do reator de controle. Ademais, vale salientar que nenhum dano duradouro foi observado para o desempenho da digestão, visto que ocorreu essa recuperação.

Como alternativas biológicas, Aira, Monroy e Domínguez (2007) estudaram as relações entre a atividade das minhocas, a biomassa microbiana e a ativação e dinâmica de diversas atividades enzimáticas, onde eram aplicadas doses baixas e altas de dejetos suínos em reatores de pequena escala. Concluindo que independente da taxa de aplicação dos dejetos, as minhocas possuem a capacidade de aumentar a biomassa microbiana durante a vermicompostagem. Outrossim, no final da década a oxidação anaeróbia de amônia (anammox) ganhou um destaque, pois se mostrou uma alternativa biológica eficiente na remoção convencional de nitrogênio dos efluentes de dejetos suínos. Os resultados obtidos no estudo de Molinuevo et al. (2009), demonstrou que a desnitrificação e o processo anammox estavam ocorrendo de forma concomitante no reator. No mais, a desnitrificação transformou o processo dominante de remoção de amônia na medida em que a demanda química de oxigênio foi aumentada.

Além disso, Obaja et al. (2005), visaram estudar sobre a viabilidade econômica, estabelecendo uma abordagem para remover nutrientes do esterco suíno digerido em um SBRs com matéria orgânica facilmente degradável, para explorar a viabilidade desse sistema

de remoção mais econômico. Nesse contexto, a partir de experimentos, foi demonstrado que é viável utilizar esterco de porco não digerido como uma fonte de carbono facilmente biodegradável para desnitrificação e desfosfatação. Por conseguinte, viu-se que a principal vantagem de usar uma fonte interna de carbono é a economia em produtos químicos, proporcionando um efeito positivo nos custos operacionais da fábrica.

Ademais, é perceptível a evolução dos estudos durante essa década, pois começam a aparecer formas de mitigar resíduos agrícolas no processo de digestão anaeróbia dos dejetos suínos, ou seja, mistura desses resíduos com o esterco, a fim de que os resíduos gerados nas usinas e indústrias, possam ser incrementados nesse processo que já ocorre. Dessa forma, Galí et al. (2009) desenvolveram uma versão modificada do modelo ADM1 (Modelo de Digestão Anaeróbia n1) para ser aplicado aos agros resíduos, onde examinaram e testaram a biodegradabilidade de maçã, pêra, laranja, colza, girassol, esterco de porco e resíduos de glicerol para serem usados como base para alimentar o modelo. Foi possível concluir que o modelo de digestão anaeróbica é uma ferramenta confiável para o projeto e operação de usinas de tratamento de resíduos agrícolas.

Portanto, a tabela 8 apresenta uma análise resumida dos artigos publicados nos anos 2000. Nota-se que grande parte dos estudos não apresentaram objetivos sustentáveis, porém foi acrescentado nesse período o objetivo Vida abaixo da água, e os citados nos outros anos permaneceram também. No mais, o Estados unidos foram o país que mais publicou artigos sobre a temática nesse período, com 35 artigos. Além disso, a partir desta análise, constatou-se que grande parte dos artigos analisados neste período são referentes a Reatores.

Tabela 8. Publicações nos anos 2000.

Anos 2000					
Título do documento	Autores	Ano	Tecnologia	Nº de Citações	Objetivos Sustentáveis
1 Os efeitos da temperatura de digestão e do choque de temperatura nos rendimentos de biogás da digestão anaeróbia mesofílica do esterco suíno	Chae, K.J., Jang, A., Yim, S.K., Kim, I.S.	2008	Reator de cultura e reatores em lote	276	-
2 Anammox para remoção de amônia de efluentes de esterco de porco: Efeito do conteúdo de matéria orgânica no desempenho do processo	Molinuevo, B., García, M.C., Karakashev, D., Angelidaki, I.	2009	Reator UASB	255	Água Limpa e Saneamento
3 Digestão anaeróbia de subprodutos de matadouros	Hejnfelt, A., Angelidaki, I.	2009	Reator de lote de sequenciamento (SBR)	221	-
4 Remoção de nutrientes biológicos por um reator de lote de sequenciamento (SBR) usando uma fonte interna de carbono orgânico em águas residuais de porco digeridas	Obaja, D., MacÉ, S., Mata-Alvarez, J.	2005	Reator de lote de sequenciamento (SBR)	183	Água Limpa e Saneamento / Vida abaixo da água

5	As minhocas modificam fortemente a biomassa microbiana e a atividade desencadeando atividades enzimáticas durante o vermicompostagem, independentemente e das taxas de aplicação da pasta de porco	Aira, M., Monroy, F., Domínguez, J.	2007	Vermicompostagem	150	-
6	Dinâmica da população metanogênica e desempenho de um biorreator de membrana anaeróbia (AnMBR) que trata esterco de suínos sob condições de alto cisalhamento	Padmasiri, S.I., Zhang, J., Fitch, M., (...), Morgenroth, E., Raskin, L.	2007	Biorreator de membrana anaeróbia	149	-
7	Versão modificada do modelo ADM1 para aplicação de agro-resíduos	Galí, A., Benabdallah, T., Astals, S., Mata-Alvarez, J.	2009	Reator semicontínuo em escala de laboratório (S-CSTR)	126	-
8	Conversão termoquímica de esterco de suínos: um processo alternativo para tratamento de resíduos e produção de energia renovável	He, B.J., Zhang, Y., Funk, T.L., Riskowski, G.L., Yin, Y.	2000	Reator de conversão termoquímica	122	Energia acessível e limpa / Consumo e produção responsáveis

9	Co-digestão anaeróbica do tubérculo de batata e seus subprodutos industriais com esterco de porco	Kaparaju, P., Rintala, J.	2005	Reatores de tanque	112	Energia acessível e limpa / Consumo e produção responsáveis / Indústria, inovação e infraestrutura
10	O destino dos nutrientes das culturas durante a digestão do esterco suíno em reatores de lote de sequenciamento anaeróbico psicofílico	Massé, D.I., Croteau, F., Masse, L.	2007	Reatores de sequenciamento anaeróbico psicofílico (PASBR)	101	Água limpa e saneamento

Fonte: Autora, 2022.

5.3.3 Período de 2010 até 2019

O período de 2010 a 2019 apresentou 303 artigos publicados. Com o auxílio do VOSViewer encontramos 3406 palavras chaves observadas na Figura 15, vale salientar que essas são as que possuem recorrência mínima de 10 vezes. De acordo com as áreas de estudo abordadas tem-se que correspondem à área de Ciência Ambiental (30,00%), Engenharia Química (13,8%), Energia (13,6%), Engenharia (11,7%) Ciências agrárias e Biológicas (10,2%), bioquímica, genética, biologia molecular (5,9%), imunologia e microbiologia (4,5%), Química (3,3%), Ciência dos materiais (1,1%), Física e astronomia (1,1%) e outros (4,8%).

de centeio). Nesse âmbito, constatou-se que a pirólise de sólidos suínos produziu gás com o maior poder calorífico (HHV), seguido pela mistura de sólidos suínos com grama de centeio e areia de galinha. Além disso, a mistura de biomassa seca, como a grama de centeio, com os sólidos suínos desidratados, quase eliminou a necessidade de energia externa. Vale ressaltar, que se alguém puder copiar resíduos de animais úmidos com matéria-prima adicional que seja mais seca e mais densa do que a grama de centeio, tais como resíduos de pelotas de plástico, existe a possibilidade de produzir biocarvão valioso e energia extra.

Kafle e Kim (2013) efetuaram a avaliação do desempenho de digestores anaeróbios usando uma mistura de resíduos de maçã e esterco suíno. Os testes foram realizados usando digestores descontínuos e contínuos. Nesse âmbito, concluiu-se que os resíduos de maçã são um substrato potencial para co-digestão com o dejetos de porco para a produção de biogás. Nesse mesmo ano, Ye et al. (2013) investigaram sobre o efeito das proporções de matéria-prima na produção de biogás, assim foram realizadas co-digestões anaeróbicas de palha de arroz com resíduos de cozinha e esterco de porco, concluindo que a proporção ideal foi de 0,4:1,6:1, para a qual a relação C/N foi de 21,7.

Posteriormente, Wang et al. (2015) realizaram um artigo cuja finalidade era a remoção de nitrogênio do concentrado de esterco suíno digerido anaerobicamente através de um reator de batelada de foto-sequenciamento (PSBR) com períodos alternados de luz e escuridão. Nesse contexto, essa pesquisa demonstrou que a fotossíntese de microalgas fornece oxigênio suficiente para nitrificação completa durante o período de luz. Além disso, com a adição de uma fonte de carbono orgânico durante o período escuro, o reator removeu mais de 90% de nitrogênio total (TN) sem aeração, exceto por mistura. No geral, 80% da remoção de TN foi através de nitrificação/desnitrificação e o restante foi devido à absorção de biomassa. A fotossíntese de microalgas híbridas e o processo de remoção de nitrogênio de atalho têm o potencial de reduzir substancialmente os requisitos de aeração para o tratamento de fluxos secundários de digestão anaeróbica. O PSBR também produziu biomassa de boa sedimentação.

Portanto, a tabela 9 apresenta uma análise resumida dos artigos publicados nos anos 2010 a 2019. Além disso, a partir desta análise, constatou-se que grande parte dos artigos analisados neste período são referentes a Reatores, porém cada um com sua especificidade.

Tabela 9. Publicações no período de 2010-2019.

2010 – 2019						
Título do documento	Autores	Ano	Tecnologia	Nº de Citações	Objetivos Sustentáveis	
1	Tratamento anaeróbico de resíduos de maçã com esterco suíno para produção de biogás: Operação em lote e contínua	Kafle, G.K., Kim, S.H.	2013	Reator de tanque	271	-
2	Melhor produção de biogás a partir de palha de arroz por co-digestão com resíduos de cozinha e esterco	Ye, J., Li, D., Sun, Y., (...), Zhen, F., Wang, Y.	2013	Reator de digestão anaeróbia	218	-
3	Pirose de alta temperatura de esterco de animais misturados para a produção de energia renovável e biocarvão de valor agregado	Ro, K.S., Cantrell, K.B., Hunt, P.G.	2010	Reator de pirólise	175	Energia acessível e limpa
4	Avaliação do potencial de produção de biogás pela digestão anaeróbia seca de misturas de grama-esterco animal	Ahn, H.K., Smith, M.C., Kondrad, S.L., White, J.W.	2010	Reator de sequenciamento em lote	144	Água limpa e saneamento / Energia acessível e limpa / Ação climática

5	Combinando biocarvão, zeólita e vinagre de madeira para compostagem de esterco: O efeito na emissão de gases de efeito estufa e na conservação de nitrogênio	Wang, Q., Awasthi, M.K., Ren, X., (...), Chen, H., Zhang, Z.	2018	Reator de PVC + compostagem	136	Consumo e produção responsáveis / Ação climática
6	Co-digestão de esterco de gado com resíduos alimentares e lodo para aumentar a produção de biogás	Marañón, E., Castrillón, L., Quiroga, G., (...), Gómez, L., García, M.M.	2012	Reator de tanque	136	Energia acessível e limpa
7	Produção de metano por co-digestão de polpa de mandioca com várias concentrações de esterco de porco	Panichnumsin, P., Nopharatana, A., Ahring, B., Chaiprasert, P.	2010	Reator de tanque	124	Não tem
8	Co-digestão anaeróbica de esterco de porco com resíduos de culturas energéticas	Cuetos, M.J., Fernández, C., Gómez, X., Morán, A.	2011	Reator de sequenciamento em lote	119	Energia acessível e limpa / Consumo e produção responsáveis
9	Gasificação a vapor em dois estágios da biomassa residual em leiteo fluidizado a baixa temperatura: investigações	Xiao, X., Meng, X., Le, D.D., Takarada, T.	2011	Reator de leiteo fluidizado de dois estágios	119	Energia acessível e limpa

	paramétricas e otimização de desempenho				
10	Um novo processo de remoção de nitrogênio de atalho usando um consórcio algal-bacteriano em um reator de lote de foto- sequenciamento (PSBR)	Wang, M., Yang, H., Ergas, S.J., van der Steen, P.	2015	Reator de lote de foto- sequenciamento (PSBR)	113 Água limpa e Saneamento

Fonte: Autora, 2022.

Neste período o Brasil também apresentou pesquisas relevantes. Partindo do princípio que os esterco suínos devem ser manuseados corretamente para evitar impactos ambientais negativos, Viancelli et al. (2013) avaliaram os perfis de dois sistemas de tratamento de dejetos suínos: uma etapa de separação sólido-líquido, seguida de um reator anaeróbio, e uma etapa aeróbica (Sistema 1); e um biodigestor seguido de lagoas seriadas (Sistema 2). Desse modo, concluiu-se que no Sistema 1, ocorreu uma redução de produtos químicos (COD, fósforo, nitrogênio Kjeldhal total - TKN - e NH₃), coliformes totais e *Escherichia coli*. No entanto, não ocorreu a mesma redução na *Salmonella sp.* Vale ressaltar que as partículas virais foram reduzidas, mas não totalmente eliminadas do efluente.

No final do período a pesquisa de Veroneze et al. (2019), efetuou uma avaliação do desenvolvimento da biodigestão de dejetos suínos com adição de doses de glicerina. Nesse contexto, a ideia foi promover uma destinação mais limpas nos resíduos da agroindústria, adotando distintas concentrações para uma melhor relação entre produção de biogás e fertilizante bioestabilizado. Para isso, foram desenvolvidos cinco biodigestores anaeróbios, cada um reator foi alimentado com suínos estrume considerando quatro tratamentos (5%, 10%, 15% e 20% vv -1 de glicerina). Constatou-se que as concentrações de nutrientes nos resíduos bioestabilizados são expressivas para a biofertilização vegetal, principalmente para N, P, K, Ca.

Portanto, a tabela 10 apresenta uma análise resumida dos artigos publicado no Brasil com mais relevância para o tema.

Tabela 10. Publicações no Brasil referente ao período de 2010-2019.

2010 - 2019 (BRASIL)					
Título do documento	Autores	Ano	Tecnologia	Nº de Citações	Objetivos Sustentáveis
1 Desempenho de dois sistemas de tratamento de dejetos de suínos na composição química e na redução de patógenos	Viancelli, A. , Kunz, A. , Steinmetz, RLR , (...), Esteves, PA , Barardi, CRM	2013	Reator anaérobio seguido de biodigestor e lagoas seriadas	59	Água limpa e saneamento
2 Produção de biogás e biofertilizante utilizando reatores anaeróbios com esterco suíno e doses de glicerina	Veroneze, ML , Schwantes, D. , Gonçalves, AC , (...), da Paz Schiller, A. , Schuba, TB	2019	Digestores Bioanaeróbios	28	-
3 Estudo da codigestão anaeróbica de glicerol bruto e dejetos suínos para produção de biogás	Aguilar Aguilar, FA , Nelson, DL , Pantoja, LDA , Soares Dos Santos, A.	2017	Codigestão anaeróbica	10	Água limpa e saneamento / Cidades e comunidades sustentáveis / Ação Climática

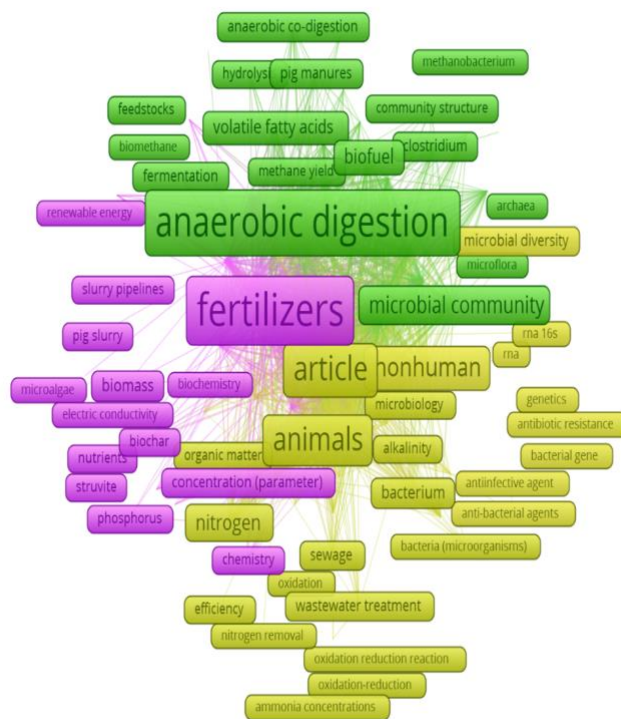
Fonte: Autora, 2022.

5.3.4. Período de 2020 até 2022

Para o período de 2020 a 2022, foram publicados 129 artigos, vale ressaltar que a pesquisa foi realizada até junho de 2022, assim esse número pode ter aumentado. Utilizando o VOSViewer, retornaram 2017 palavras-chaves que podem ser observadas na Figura 16, elas estão com recorrência mínima de 5 vezes. De acordo com as áreas de estudo abordadas tem-se que os artigos correspondem a área de Ciência Ambiental (31,4%), Energia (18,7%),

Engenharia Química (14,5%), Engenharia (8,5%), Ciências agrárias e Biológicas (6,3%), Químicas (4,8%), Bioquímica, genética, biologia molecular (2,7%), Matemática (1,8%), Medicamento (1,8%), Ciência sociais (1,8%), Outros (7,6%).

Figura 16. Palavras chaves de 2020 a 2022.



Fonte: Autora, 2022.

Entre 2020 e 2022, é possível evidenciar que os artigos voltam a focar em digestão anaeróbia, inclusive é notável no *clusters* da figura acima. Não obstante, é visível a diferença entre esses artigos de digestão anaeróbia e os primeiros, pois esses se referem a produção e possuem misturas com orgânicos, visando cada vez mais as formas de redução dos resíduos e produção de energia limpa.

No início da década, Li et al. (2020) avaliam os efeitos de aditivos externos (Biochar, bentonita, fosfato) na co-compostagem de dejetos suínos e palha de milho, onde é possível afirmar que a compostagem é um processo economicamente viável, quando se trata de reciclagem de resíduos de biomassa agrícola. Nessa perspectiva, a adição de aditivos com o

intuito de ajustar o processo de compostagem recebeu um grande destaque neste período. , na co-compostagem de dejetos suínos e palha de milho. Desse modo, concluiu-se que a adição de fosfato e biochar pode contribuir para acelerar o aumento da temperatura e encurtar a fase termofílica, e que o fosfato é um aditivo eficiente e recomendado para co-compostagem de dejetos de suínos e palha de milho.

Neste mesmo período, Wang et al. (2020), investigou os efeitos de três diferentes modos de mistura intermitente (topo, meio e fundo) no desempenho do processo de digestão anaeróbica. Constatou-se que os rendimentos cumulativos de metano de reatores, apresentaram valores semelhantes ($P > 0,05$). No entanto, o não misturado reator (CK), apresentou uma produção de metano reduzida. Ademais, reatores top-mixed (T1) apresentaram menor tempo técnico de digestão (T80) e características físico-químicas mais estáveis do que os demais tratamentos. Vale ressaltar que essas descobertas demonstram que os três modos de mistura quase não tiveram efeito nos rendimentos cumulativos de metano. No entanto afetaram o processo de digestão.

Além disso, devido a quantidade de gado estrume produzido todos os anos em todo o mundo, se fez necessário uma utilização inofensiva com o intuito reduzir a poluição ambiental e produzir energia. Dessa maneira, uma tecnologia promissora que ganhou destaque neste período, considerada livre de poluição, foi a gaseificação de água supercrítica (SCWG) que utiliza porcoestrupe com alta umidade para produzir hidrogênio. Nessa perspectiva, o estudo de REN et al. (2022) efetuou um novo processo modelando um sistema de poligeração SCWG autotérmico de porco estrume, estabelecido com análise termodinâmica, juntamente com separação de hidrogênio in-situ e método de recuperação de calor residual. Nesse contexto, constatou-se que o sistema com separação in-situ de hidrogênio produziria mais Hidrogênio com o intuito de melhorar a eficiência energética.

Portanto, a tabela 11 apresenta uma análise resumida dos artigos publicados nos anos 2020 a 2022. Além disso, a partir desta análise, constatou-se que grande parte dos artigos analisados neste período são referentes à Digestão anaeróbia.

Tabela 11. Publicações no período de 2020-2022.

2020 – 2022						
	Título do documento	Autores	Ano	Tecnologia	Nº de Citações	Objetivos Sustentáveis
1	Efeitos de aditivos externos: Biochar, bentonita, fosfato, na co-compostagem de dejetos suínos e palha de milho	Li, H. , Zhang, T. , Tsang, DCW , Li, G.	2020	Compostagem	96	Consumo e produção responsáveis
2	Otimização da fase de hidrólise-acidogênese de dejetos suínos para produção de biogás utilizando fermentação anaeróbia em dois estágios	Lin, C.-Y. , Chai, WS , Lay, C.-H. , (...), Lee, C.-Y. , Mostrar, PL	2021	Sistema anaeróbicos de dois estágios	48	Água limpa e saneamento
3	Produção de biohitano e características microbianas de dois codigestores anaeróbios de dois estágios mesofílicos e termofílicos alternados alimentados com palha de arroz e esterco suíno	Chen, H. , Huang, R. , Wu, J. , (...), Liu, B. , Yu, G.	2021	Codigestão anaeróbia	25	-

4	Produção de metano a partir da codigestão de esterco suíno e palha de milho com adição de resíduo de pepino: papel do teor de sólidos totais e relação matéria-prima/inóculo	Wang, Y. , Zhang, J. , Li, Y. , (...), Hao, J. , Li, G.	2020	Codigestão anaeróbica	20	-
5	Efeitos do modo de mistura intermitente na digestão anaeróbia em estado sólido de resíduos agrícolas	Wang, Y. , Zhang, J. , Sun, Y. , (...), Hao, J. , Li, G.	2020	Tanque agitado reator(STR)	19	Consumo e produção responsáveis
6	Estudo de pré-tratamento da produção de biohidrogênio e biometano em dois estágios em um processo de codigestão contínua a partir de uma mistura de suínos estrume e resíduos de abacaxi	Nguyen, T.-T. , Chu, C.-Y. , Ou, C.-M.	2021	Reatores anaeróbios de dois estágios	17	-
7	Co-compostagem de resíduos alimentares e esterco suíno aumentando biocarvão e sais: Dinâmica de nutrientes, emissões gasosas e atividade microbiana	Ravindran, B. , Awasthi, MK , Karmegam, N. , (...), Rahman Milon, A. , Munuswamy-Ramanujam, G.	2022	Compostagem	16	Educação de qualidade / Consumo e produção responsáveis / Ação Climática

8	Análise termodinâmica e otimização do sistema autotérmico de gaseificação de água supercrítica e poligeração de dejetos suínos.	Ren, C. , Guo, S. , Wang, Y. , (...), Chen, Y. , Guo, L.	2022	Sistema de Poligeração	16	Energia acessível e limpa / Indústria, inovação e infraestrutura / Consumo e produção responsáveis
9	Estabelecimento e desempenho de um reator hidrotérmico contínuo tipo plug-flow para produção de biocrude	Li, H. , Zhu, Z. , Lu, J. , (...), Zhang, Y. , Liu, Z.	2020	Reator hidrotérmico contínuo	16	-
10	Impacto do pirochar e hidrochar derivados do digestato na codigestão de lodo de esgoto e dejetos de suínos	Xu, S. , Wang, C. , Duan, Y. , Wong, JW-C.	2020	Digestão anaeróbica	16	-

Fonte: Autora, 2022.

No Brasil, o estudo de Tápparo et al. (2020) se mostrou bastante relevante neste período. Visto que ele avaliou codigestão anaeróbia de dejetos e carcaças de suínos para fins de produção de biogás e inativação/comportamento de patógenos. Nesse âmbito, foram realizados testes bioquímicos de metano com amostras contendo proporções de 3, 7,5 e 15 kg carcaça m⁻³ de esterco. Constatou-se que a adição de carcaça resultou em um aumento de até 119% no rendimento de biogás em relação ao dejetos suíno monodigestão. Ademais, o artigo de Oliveira et al. (2020), demonstrou como o uso de dicianodiamida pode reduzir a perda de nitrogênio e a emissão de óxido nitroso durante a co-compostagem mecanicamente torneada de dejetos suínos com serragem.

É coerente afirmarmos que a agricultura pode ser definida em função da sua grande produção de estrume. No entanto, quando o estrume é disposto de forma inadequada, podem proporcionar diversos impactos ambientais e até mesmo sociais. Nessa perspectiva, remover

essa matéria orgânica e os nutrientes desse tipo de resíduos é um grande desafio. Nessa perspectiva, o estudo de Leite et al. (2021) se mostrou bastante relevante, visto que avaliou a remoção simultânea de matéria carbonácea, nitrogênio e fósforo de esgotos suínos em um sistema de tratamento biológico composto por um reator anaeróbio de manta de lodo ascendente (UASB), seguido de um lote sequencial reator (SBR) operado em ciclos aeróbicos/anóxicos de 24 horas. Vale ressaltar que o sistema foi dividido em duas fases operacionais: Coluna de Sedimentação, UASB e SBR, e UASB e SBR. O reator UASB, com tempo de detenção hidráulica de 15,5 h e carga orgânica volumétrica aplicada de 5,5 kg DQO m⁻³.d⁻¹. Constatou-se que a eficiência média de remoção de DQO foi de 84% na primeira etapa. Vale ressaltar que o estágio 1 apresentou o melhor desempenho, com eficiência média global de remoção de 78, 85 e 67% para DQO, nitrogênio total e fósforo, respectivamente.

Vale salientar que o artigo de Leite et al. (2021), é do município de Maceió/AL e da Universidade Federal de Alagoas - UFAL. Durante a pesquisa, só foi possível evidenciar esse artigo da UFAL que trata sobre o tema. A Tabela 12 detalha os artigos, a quantidade de citações, a tecnologia abordada e os objetivos sustentáveis.

Tabela 12. Publicações no Brasil no período de 2020-2022.

2020-2022 (BRASIL)					
Título do documento	Autores	Ano	Tecnologia	Nº de Citações	Objetivos Sustentáveis
1 Eficácia sanitária e produção de biogás pela codigestão anaeróbia de carcaças e dejetos suínos	Tápparo, DC , Viancelli, A. , Amaral, ACD , (...), Barardi, CRM , Kunz, A.	2020	Codigestão anaeróbia	10	-

2	Uso de dicianodiamida para reduzir a perda de nitrogênio e a emissão de óxido nitroso durante a co-compostagem mecanicamente torneada de dejetos suínos com serragem	Oliveira, LV , Higarashi MM , Nicoloso, RS , Coldebella, A.	2020	Compostagem	6	Consumo e produção responsáveis / Ação Climática
3	Tratamento de dejetos suínos em reator anaeróbio com pós-tratamento aeróbico/anóxico	Leite, PFAF , Vich, DV , Callado, NH	2021	Reator anaeróbio	1	Boa saúde e bem-estar/ Água limpa e saneamento

Fonte: Autora, 2022.

5.4. Perspectivas para trabalhos futuros

Por se tratar de uma produção em ascensão, os tratamentos de dejetos suínos podem ter várias perspectivas, como comparações de digestões anaeróbicas e produção de energia através de biogás. Dessa forma, pode-se visar a viabilidade econômica para otimização dos processos com um menor custo-benefício e maior eficiência.

6. CONCLUSÕES

De acordo com os artigos obtidos na base de dados Scopus, conseguiu-se compreender e ter uma análise extensa a cerca do tratamento de dejetos suínos, podendo ver principais tendências e as linhas de pesquisa. Por conseguinte, através da análise bibliométrica, têm-se:

- A China é o país que possui um maior volume de artigos publicados, e as instituições que mais publicaram foram China Agricultural University e Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, pois ela é o país maior produtor de suínos do mundo, assim, é necessário estudos para não haver contaminação da água e do solo pelos dejetos gerados, ainda assim, é importante citar que foi a partir de 2010 a preocupação da China com o tratamento de esterco;
- Quanto a análise temporal, é notório um crescimento anual de artigos publicados, porém apenas depois de 2010 que se tornou uma tendência;
- A maior área de conhecimento é a de Ciências Ambientais, seguido de engenharia química e energia;
- As tendências de pesquisa estão relacionadas a processos de digestão anaeróbia em reatores, onde é possível conferir a diversidade de reatores utilizados, ainda é possível ver avanços de produção de energia e tratamentos biológicos relacionados a compostagem;
- As novas tendências estão relacionadas comparações de digestões anaeróbias, com desempenho do processo, comunidades microbianas e balanço energético.

7. REFERÊNCIAS

AIRA, M; MONROY, F; DOMÍNGUEZ, J. **Earthworms strongly modify microbial biomass and activity triggering enzymatic activities during vermicomposting independently of the application rates of pig slurry.** Science of The Total Environment, v. 385, n. 1, p. 252-261, 2007.

ANTONELLI, J. **GESTÃO DE RESÍDUOS DE SUINOCULTURA NO MUNICÍPIO DE MISSAL,** [s. l.], 2013.

ARAUJO, CA. **Bibliometria: evolução histórica e questões atuais.** Em Questão, 12(1), 2006. Disponível em: <http://doi.org/10.19132/1808-5245121>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **Estatísticas Setoriais,** 2022. Disponível em: < <https://abpa-br.org/estatisticas-setoriais/>>.

BOOPATIA, R. **Tratamento biológico de dejetos de suínos utilizando reatores anaeróbios defletores.** Tecnologia de Biorecursos, v. 64, n. 1, p. 1-6, 1998.

BOSSIER, P; POELS, J; VAN ASSCHE P; VERSTRAETE W. **Influência das características dimensionais da espuma de poliuretano na digestão anaeróbia de alta taxa de esterco suíno.** Cartas da Biotecnologia, v.8, n. 12, p. 901-906, 1986.

CARDOSO, BF; OYAMADA, GC; SILVA, CM. **Produção, Tratamento e Uso dos Dejetos Suínos no Brasil.** Desenvolvimento em questão, ano 13, n.32, p.127-145, 2015.

CASTRO, AL. **USO DO CAPIM-ELEFANTE PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA: TENDÊNCIAS DE PESQUISAS MUNDIAIS E POTENCIAL PARA GERAÇÃO DE BIOGÁS NO ESTADO DE ALAGOAS,** [s. l.], 2021.

CASTRO, LTS; BARBOSA, LMR; VASCONCELOS, BS. **Gestão na suinocultura: um conceito holístico.** PUBVET, v.14, n.5, a.569, p.1-13, 2020.

CHAE, KJ; JANG, A; YIM, SK; KIM, IS. **The effects of digestion temperature and temperature Shock on the biogas yields from the mesophilic anaerobic digestion of swine manure.** Bioresource Technology, v. 99, n.1, p. 1-6, 2008.

COLINA, DT; TOLLNER, EW; HOLMBERG RD. **A cinética de inibição na fermentação do metano de dejetos suínos.** Resíduos Agrícolas, v. 5, n. 2, p. 105-123, 1983.

DIAS, CP; LEITÃO, FO; COSER, F; SILVA, WH; OLIVEIRA, PA. **Tecnologias para o tratamennto de dejetos suínos com vistas à sustentabilidade,** [s.l.], 2016.

DIESEL, R; MIRANDA, CR; PERDOMO, CC. **Coletânea de Tecnologias sobre Dejetos Suínos.** Boletim Informativo de Pesquisa – BIPERS, ano 10, n. 14, 2002.

EMBRAPA. Central de inteligência de aves e suínos. *In:* EMBRAPA. USDA, Foreign Agricultural Service. **Estatísticas de Suínos.** Versão 3.117.0. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/esta.tisticas/suinos/mundo>. Acesso em: 3 fev. 2022.

FAREZIN, EC; SARUBBI, J; MORAIS, JLR; HOZOFF, Junior W; SOTO, FRM. **Análise ambiental, sanitária e econômica de um sistema de tratamento de resíduos sólidos e efluentes em uma granja de suínos.** Vet. e Zootec. 2018 mar.; 25(1): 164-172.

FATOBENE, G; AGUIAR, A.N.; ALVES, L; RODRIGUES, R.A.; REIS, R.F; SOTO, F.R. **Caracterização físico-química, microbiológica e poder calorífico de lodo originário de efluente suíno,** [s. l.], 2020.

FILHO, PB; CASTILHOS JR, AB. de; COSTA, RH.R. da;SOARES, SR.; PERDOMO, CC. **Tecnologias para o Tecnologias parao tratamento de dejetos de suínos tratamento de dejetos de suíno.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.1, p.166-170, 2001.

FREITAS, V; ANDERLE, D.F.; GONÇALVES, A.L.; GAUTHIER, F.A. **Criatividade e inovação tecnológica: uma avaliação bibliométrica**, [s. l.], 2013.

GALÍ, A; BENABDALLAH, T; ASTALS, S; MATA-ALVAREZ, J. **Modified version of ADM1 model for agro-waste application**. *Bioresource Technology*, v. 100, n. 11, p. 2783-2790, 2009.

HADLICH, GM. **Poluição hídrica na bacia do Rio Coruja-Bonito (Braço do Norte/ SC) e Suinocultura: Uma Perspectiva Sistêmica**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina – PGRN/UFSC, 272p. Florianópolis, SC, 2004.

HANSEN, KH; ANGELIDAKI, E; AHRING, BK. **Digestão anaeróbia de dejetos suínos: inibição por amônia**. *Water Research*, v. 32, n.1, p. 5-12, 1998.

HE, BJ; ZHANG, Y; FUNK, TL; RISKOWSKI, GL; YIN, Y. **Thermochemical conversion of swine manure: An alternative process for waste treatment and renewable energy production**. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, v. 43, n. 6, p. 1827-1833, 2000.

HERNANDES, JF; SCHMIDT, V; MACHADO, J. **RGSA - Revista de Gestão Social e Ambiental**, v.4, n.3, p. 18-31, 2010.

KAFLE, GK; KIM, SH. **Tratamento anaeróbio de resíduos de maçã com dejetos de suínos para produção de biogás: operação batelada e contínua**. *Energia aplicada*, v. 103, p. 61-72, 2013.

KAPARAJU, P; RINTALA, J. **Anaerobic co-digestion of potato tuber and its industrial by-products with pig manure**. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 43, n. 2, p. 175-188, 2005.

KUNZ, A; HIGARASHI, MM; OLIVEIRA, PA. **Tecnologias de Manejo e Tratamento de Dejetos de Suínos estudadas no Brasil.** Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.22, n.3, p. 651-665, 2005.

LEITÃO, F.O.; SILVA, W.H. **GERAÇÃO DE ENERGIA E RENDA A PARTIR DO TRATAMENTO DOS RESÍDUOS DA SUINOCULTURA**, [s. l.], 2018.
2021.

LEITE, PF. **Tratamento de águas residuárias da suinocultura em reator anaeróbio com pós- tratamento aeróbio/anóxico**, [s.l.], 2018.

LEITE, PF; VICH, DV; CALADO, NH. **Tratamento de dejetos suínos em reator anaeróbio com pós-tratamento aeróbico/anóxico | Tratamento de dejetos de suinocultura em reator anaeróbio com pós-tratamento aeróbio/anóxico.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 26, n. 3, p. 567-576.

LI, H; ZHANG, T; TSANG, DCW; LI, G. **Efeitos de aditivos externos: Biochar, bentonita, fosfato, na co-compostagem de dejetos suínos e palha de milho.** Químiosfera, v. 248, 2020.

LIAO, PH; CHEN, A; LO KV. **Remoção de nitrogênio de efluentes de dejetos de suínos pela remoção de amônia.** Tecnologia de Biorecursos, v. 54, n. 1, p. 17-20, 1995.

LIAO, PH; VIZCARRA AT; CHEN A; LO KV. **Compostagem de dejetos sólidos separados suínos.** Jornal da ciência ambiental e da saúde, v. 28, n.9, p. 1889-1901, 1993.

MACEDO, M; BOTELHO, L; DUARTE, M. **REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM APRENDIZAGEM GERENCIAL**, [s. l.], 2009.

MASSÉ, DI; DROSTE, RL; KENNEDY, KJ; PATNI, NK; MUNROE, JA. **Potencial para o tratamento anaeróbio psicrófilico de dejetos de suínos usando um reator batelada sequenciador.** Engenharia Agrícola Canadense, v. 39, n. 1, p. 25-33, 1997.

MIRANDA, CR. **Avaliação de estratégias para sustentabilidade da Suinocultura.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina – PGRN/UFSC, Florianópolis, SC, 2005.

MOLINUEVO, B; GARCÍA, MC; KARAKACHEV, D; ANGELIDAKI, E. **Anammox for ammonia removal from pig manure effluents: Effect of organic matter content on process performance.** Bioresource Technology, v. 100, n. 7, p. 2171-2175, 2009.

OBAJA, D; MACÉ, S; MATA-ALVAREZ, J. **Biological nutrient removal by a sequencing batch reactor (SBR) using an internal organic carbon source in digested piggery wastewater.** Bioresource Technology, v. 96, n. 1, p. 7-14, 2005.

OLIVEIRA, LV; HIGARASHI, MM; NICOLOSO, RS; COLDEBELLA, A. **Uso de dicianodiamida para reduzir a perda de nitrogênio durante a co-compostagem mecanicamente torneada de dejetos suínos com serragem.** Valorização de resíduos e biomassa, v. 11, n. 6, p. 2567- 2579, 2020.

OLIVEIRA, PA. **Arranjo tecnológico no tratamento de dejetos de suínos e aves para a produção de fertilizante orgânico,** Concórdia: SC. EMBRAPA Suínos e Aves. 2013. Disponível em: < <https://core.ac.uk/download/pdf/45518365.pdf> >.

POELS, J; NEUKERMANS, G; VAN ASSCHE, P; DEBRUYCKERE, M; VERSTRAETE, W. **Desempenho, operação e benefícios de uma sistema de digestão anaeróbia em uma granja fechada.** Resíduos Agrícolas, v. 8, n. 4, p. 233-249, 1983.

REN, C; GUO, S; WANG, Y; CHEN, Y; GUO, L. **Thermodynamic analysis and optimization of auto-thermal supercritical water gasification polygeneration system of pig manure.** Chemical Engineering Journal, v. 427, 2022.

RO, KS; CANTREL, KB; HUNT, PG. **High-temperature pyrolysis od blended animal manures for producing renewable energy and value-added biochar.** Industrial and Engineering Chemistry Research, v. 49, n. 20, p. 10125-10131, 2010.

SANTOS, AL. **CADEIA DE PROCESSAMENTO DE MANDIOCA: TENDÊNCIAS MUNDIAIS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES E OPORTUNIDADES DE MELHORIAS NA LINHA DE PRODUÇÃO DE UMA CASA DE FARINHA DO ESTADO DE ALAGOAS,** [s. l.], 2021.

SANTOS, L. **COMPOSTAGEM DE LODO BIOLÓGICO E RESÍDUOS ORGÂNICOS: Uma Análise Bibliométrica usando a base de dados Scopus,** [s. l.], 2021.
SERAFINE, R; ERTEL, AL; SCHMELING, JB; BECKER, RT; GUERRA, D; DA SILVA, DM. **EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DA PRODUÇÃO DE SUÍNOS EM UMA COMUNIDADE RURAL DE TRÊS PASSOS-RS,** [s. l.], 2019.

SPERLING, M. VON. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** 4th. ed. [s.l.] UFMG, 2014.

SCHMIDT, NS. **DEMANDAS ATUAIS E FUTURAS DA CADEIA PRODUTIVA DE SUÍNOS,** [s. l.], 2017.

TAVARES, RM. **UTILIZAÇÃO DA MORINGA EM ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUÍNOS,** [s. l.], 2012.

VERONEZE, ML; SCHWANTES, D; GONÇALVES, CA; DA PAZ SCHILLER, A; SCHUBA, TB. **Produção de biogás e biofertilizante utilizando reatores anaeróbios com esterco suíno e doses de glicerina.** Jornal de produção mais limpa, v. 213, p. 176-184, 2019.

VIANCELLI, A; KUNZ, A; STEINMETZ, RLR; ESTEVES, PA, BARARDI, CRM. **Desempenho de dois sistemas de tratamento de dejetos suínos na composição química e na redução de patógenos.** Quimiosfera, v. 90, n. 4, p. 1539-1544, 20103.

WANG, M; YANG, H; ERGAS, SJ; VAN DER STEEN, P. **Um novo processo de remoção de nitrogênio de atalho usando um consórcio de algas-bactérias em um reator de batelada de fotessequenciamento (PSBR).** Water Research, v. 87, p 38-48, 2015.

WANG, Y; ZHANG, J; LI, Y; HAO, J; LI G. **Produção de metano a partir da codigestão de esterco suíno e palha de milho com adição de resíduo de pepino: papel do teor de sólidos totais e relação matéria-prima/inóculo.** Tecnologia de Biorecursos, v. 306, 2020.

WATKINS, BD; HENGEMUEHLE, SM; PESSOA, HL; YOKOYAMA, MT; MASTEN SJ. **Ozonização de dejetos suínos para controlar odores e reduzir as concentrações de patógenos e metabólitos tóxicos da fermentação.** Ozônio: Ciência e Engenharia, Jornal da Associação Internacional de Ozônio, v. 19, n. 5, p. 425-437, 1997.

YE, J; LI, D; SUN, Y; ZHEN, F; WANG, Y. **Improved biogas production from rice straw by co-digestion with kitchen waste and pig manure.** Waste Management, v. 33, n. 12, p. 2653-2658, 2013.