

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

KAROLINE WALCANAIA

TECNOLOGIAS APLICÁVEIS AO TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

MEDIANEIRA

2022

KAROLINE WALCANAIA

TECNOLOGIAS APLICÁVEIS AO TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

TECHNOLOGIES APPLICABLE TO SOLID WASTE TREATMENT

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Dr. Elias Lira dos Santos Junior



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

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

MEDIANEIRA

2022



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

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

KAROLINE WALCANAIA

TECNOLOGIAS APLICÁVEIS AO TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 17 de maio de 2022

Prof. Elias Lira dos Santos Junior
Doutor em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -UTFPR/MD

Prof. Fábio Orssatto
Doutor em Engenharia Agrícola
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -UTFPR/MD

Prof. Ilton José Baraldi
Doutor em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -UTFPR/MD

MEDIANEIRA

2022

RESUMO

Nas últimas décadas os resíduos sólidos produzidos foram três vezes maior que o crescimento populacional e grande parte não recebe tratamento adequado, tendo em vista este problema, é apresentado as principais etapas em que se encontram os métodos e técnicas utilizadas no tratamento de resíduos sólidos através das prospecções científica, tecnológica e de mercado. A revisão sistemática da literatura foi realizada na base Scopus (Elsevier) e BDTD, na bibliometria as informações foram dispostas de acordo com a instituição, a área de conhecimento a qual o trabalho se insere, o ano de publicação, local de publicação e, por fim, o tipo publicação e o portfólio bibliográfico foi configurado por tecnologia e ano. O estado da arte foi disposto com as informações da revisão sistemática da literatura. Quanto a análise de mercado se deu por pesquisas em catálogos e manuais disponíveis nos sites das empresas que produzem e/ou comercializam as referidas tecnologias. Para a confecção do portfólio tecnológico foi utilizado patentes disponibilizadas pelo INPI. Os resultados bibliométricos apontaram como autores de maior destaque ao tema: Kumar, S., Aquino L., Monteiro Filho, A. e Teixeira, A. Em relação as áreas de conhecimento das publicações científicas pesquisadas temos: engenharia, energia e ciências ambientais, os anos de maiores publicações foram entre 2016 e 2018 e as pesquisas de maiores representatividades são teses e dissertações. Os tratamentos frequentemente utilizados são a compostagem, digestão anaeróbia e vermicompostagem por se tratarem de tecnologias economicamente viáveis e terem uma disposição maior de insumos e equipamentos para uso, ao mesmo tempo, a tecnologia de tratamento com menor procura é o plasma uma vez que os custos para instalação, operação e manutenção são exorbitantes.

Palavras-chave: resíduos sólidos; tecnologias; prospecção; patentes.

ABSTRACT

In the last decades the solid waste produced was three times bigger than the population growth and a large part does not receive adequate treatment, in view of this problem, the main steps in which the methods and techniques used in treatment of solid waste through the scientific, technological and market prospecting. The systematic review of literature was carried out in the Scopus (Elsevier) and BDTD database, in the bibliometrics the information was arranged according to institution, area of knowledge to which work belongs, year of publication, place of publication and, for finally, publication type and bibliographic portfolio were configured by technology and year. The state of the art was arranged with information from the systematic review of the literature. As for the market analysis, research was carried out in catalogs and manuals available on the websites of companies that produce and/or sell these technologies. For the preparation of the technological portfolio, patents made available by INPI were used. The bibliometric results pointed out as the most prominent authors on the subject: Kumar, S., Aquino L., Monteiro Filho, A. and Teixeira, A. In relation to the areas of knowledge of the scientific publications researched, we have: engineering, energy and environmental sciences, the years of greatest publications were between 2016 and 2018 and the most representative researches are theses and dissertations. The treatments frequently used are composting, anaerobic digestion and vermicomposting because they are economically viable technologies and have a greater availability of inputs and equipment for use, at the same time, the treatment technology with less demand is plasma since the costs for installation, operation and maintenance are exorbitant.

Keywords: solid waste; technologies; prospection; patents.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 – Buscas na base BDTD	24
Tabela 2 – Buscas na base Scopus	26
Figura 1 – Dashboard bibliométrico da base BDTD	25
Figura 2 – Dashboard bibliométrico da base Scopus	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Portfólio bibliográfico sintético	28
Quadro 2 – Portfólio mercadológico para compostagem	44
Quadro 3 – Portfólio mercadológico para vermicompostagem.....	45
Quadro 4 – Portfólio mercadológico para digestão anaeróbia	46
Quadro 5 – Portfólio mercadológico para gaseificação	47
Quadro 6 – Portfólio mercadológico para incineração.....	47
Quadro 7 – Portfólio mercadológico para pirólise.....	48
Quadro 8 – Patentes relacionadas ao tema aterro sanitário	49
Quadro 9 - Patentes relacionadas ao tema compostagem	50
Quadro 10 – Patentes relacionadas ao tema vermicompostagem	52
Quadro 11 – Patentes relacionadas ao tema digestão anaeróbia.....	53
Quadro 12 - Patentes relacionadas ao tema gaseificação	55
Quadro 13 - Patentes relacionadas ao tema incineração.....	57
Quadro 14 – Patentes relacionadas ao tema pirólise.....	60
Quadro 15 - Patentes relacionadas ao tema plasma	62
Quadro 16 – Portfólio tecnológico das tecnologias aplicáveis aos resíduos sólidos .	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CDR	Combustível Derivado de Resíduos
C/N	Carbono Nitrogênio
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
HCl	Cloreto de Hidrogênio
HF	Fluoreto de Hidrogênio
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
NBR	Normas Brasileiras
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
Ph	Potencial Hidrogeniônico
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SO ₂	Dióxido de Enxofre
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNESP	Universidade Estadual Paulista

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Definição de resíduos sólidos	15
3.2	Definição de gestão e gerenciamento	16
3.3	Inovação tecnológica	17
3.3.1	Conceitos e definições	17
3.3.2	Tipos de inovações.....	18
3.3.3	Prospecção científica.....	18
3.3.4	Prospecção tecnológica	19
4	METODOLOGIA	20
4.1	Prospecção Científica	21
4.1.1	Bibliometria.....	22
4.1.2	Portfólio bibliográfico	22
4.1.3	Estado da arte	22
4.2	Prospecção de mercado	23
4.3	Prospecção tecnológica	23
4.3.1	Portfólio tecnológico	23
4.4	Sistematização dos resultados	23
5	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	24
5.1	Resultados da Prospecção Científica	24
5.1.1	Resultados da Bibliometria na Base BDTD	24
5.1.2	Resultados da Bibliometria na Base Scopus.....	25
5.1.3	Portfólio bibliográfico	27
5.1.4	Estado da arte	30
<u>5.1.4.1</u>	<u>Aterro sanitário</u>	<u>30</u>
<u>5.1.4.2</u>	<u>Compostagem</u>	<u>31</u>
<u>5.1.4.3</u>	<u>Vermicompostagem</u>	<u>35</u>
<u>5.1.4.4</u>	<u>Digestão anaeróbia</u>	<u>37</u>
<u>5.1.4.5</u>	<u>Gaseificação</u>	<u>38</u>
<u>5.1.4.6</u>	<u>Incineração</u>	<u>41</u>

<u>5.1.4.7</u>	<u>Pirólise.....</u>	<u>42</u>
<u>5.1.4.8</u>	<u>Plasma (tocha)</u>	<u>43</u>
5.2	Prospecção Mercadológica	44
5.3	Prospecção tecnológica	48
5.3.1	Aterro sanitário	49
<u>5.3.1.1</u>	<u>Busca em base de patentes – INPI</u>	<u>49</u>
5.3.2	Compostagem	49
<u>5.3.2.1</u>	<u>Busca em base de patente – INPI</u>	<u>50</u>
<u>5.3.2.2</u>	<u>Estado da técnica</u>	<u>50</u>
5.3.3	Vermicompostagem.....	52
<u>5.3.3.1</u>	<u>Busca em base de patente – INPI</u>	<u>52</u>
<u>5.3.3.2</u>	<u>Estado da técnica</u>	<u>52</u>
5.3.4	Digestão anaeróbia	53
<u>5.3.4.1</u>	<u>Busca em base de patente – INPI</u>	<u>53</u>
<u>5.3.4.2</u>	<u>Estado da técnica</u>	<u>53</u>
5.3.5	Gaseificação.....	55
<u>5.3.5.1</u>	<u>Busca em base de patente – INPI</u>	<u>55</u>
<u>5.3.5.2</u>	<u>Estado da técnica</u>	<u>56</u>
5.3.6	Incineração	57
<u>5.3.6.1</u>	<u>Busca em base de patente – INPI</u>	<u>57</u>
<u>5.3.6.2</u>	<u>Estado da técnica</u>	<u>58</u>
5.3.7	Pirólise.....	59
<u>5.3.7.1</u>	<u>Busca em base de patente – INPI</u>	<u>59</u>
<u>5.3.7.2</u>	<u>Estado da técnica</u>	<u>60</u>
5.3.8	Plasma (tocha)	62
<u>5.3.8.1</u>	<u>Busca em base de patente – INPI</u>	<u>62</u>
5.4	Portfólio tecnológico.....	63
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
	REFERÊNCIAS.....	73
	APÊNDICE A - Portfólio bibliográfico	86

1 INTRODUÇÃO

A estimativa da populacional mundial, em 2021, indicou 7,88 bilhões de pessoas como divulgado pela Organização das Nações Unidas em sua estimativa e de acordo com o relatório divulgado pela respectiva instituição, esse número em 2030 deverá atingir 8,6 bilhões, em 2050 prevê-se 9,8 bilhões e 11,2 bilhões de pessoas em 2100 (ONU, 2017).

Nas últimas três décadas, o resíduo produzido foi três vezes maior que o crescimento populacional, sendo que o Brasil foi responsável pela geração de 82,5 milhões de toneladas de resíduos apenas em 2020. Desse valor foram coletados 74,45 milhões e sem destinação alguma ficaram e 8,05 milhões de toneladas, destes sem destinação (ABRELPE, 2021).

Promover a gestão e/ou gerenciamento desses resíduos garante um tratamento e destinação final corretos, como consequência, a transformação desses resíduos em energia gera um importante papel na economia circular, estimula padrões sustentáveis de consumo e produção, diminui doenças e contribui com o meio ambiente. Sabe-se que a inserção de um sistema de gestão e/ou gerenciamento em cidades necessita-se principalmente de uma população instruída e disposta a colaborar para a sustentabilidade das cidades.

No Brasil, a forma de tratamento mais utilizada para a destinação final dos resíduos sólidos são os aterros, justamente por consistir de uma forma barata de disposição.

Em regiões menos favorecidas do Brasil, essa forma de tratamento ainda se encontra fortemente na forma de lixão estando disposto a céu aberto sem qualquer forma de tratamento, conforme as cidades se desenvolvem, essa técnica tende a melhorar, se caracterizando por aterros sanitários onde a disposição final é ambientalmente adequada, possuindo todo um sistema para minimizar os impactos gerados pelos resíduos sólidos ali depositados.

Este estudo vem com o intuito de apresentar as principais etapas que se encontram as principais tecnologias aplicáveis aos resíduos sólidos, trazendo um panorama com relação às mesmas e identificando os principais gargalos tecnológicos, operacionais e financeiros das tecnologias aplicadas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Mapear as tecnologias aplicáveis aos resíduos sólidos no cenário nacional.

2.2 Objetivos Específicos

- Prospectar cientificamente as tecnologias aplicáveis aos resíduos sólidos;
- Prospectar o mercado das tecnologias aplicáveis aos resíduos sólidos;
- Prospectar tecnologicamente as tecnologias aplicáveis aos resíduos sólidos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Definição de resíduos sólidos

Resíduos sólidos são definidos segundo a Lei Federal nº12.305/2010 (BRASIL, 2010) lei a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), como sendo:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

De forma que os resíduos perigosos são classificados por meio de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade apresentando significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental.

Quanto a classificação dos resíduos sólidos quanto a sua origem, a mesma lei classifica como sendo: resíduos domiciliares os que são de origens de atividades domésticas em residências urbanas; resíduos de limpeza urbana como sendo originários da varrição; limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana; resíduos sólidos urbanos sendo os resíduos domiciliares e de limpeza urbana; resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços (com exceções dos resíduos de limpeza urbana, os de serviços públicos de saneamento básico, os serviços de saúde, da construção civil e de serviços de transportes); resíduos de serviços públicos de saneamento básico (com exceção dos RSU); resíduos industriais gerados nos processos produtivos e instalações industriais; resíduos de serviços de saúde oriundo dos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS; resíduos da construção civil advindos das construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis; resíduos agrossilvopastoris provenientes de atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades; resíduos de serviços de transportes originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira e por fim,

os resíduos de mineração estes originados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Corroborando com a definição de resíduos sólidos, pela ABNT NBR 10.004/2004 (BRASIL, 2004) que apresenta a classificação dos mesmos, define resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

A mesma norma define ainda os resíduos sólidos em duas classes: resíduos classe I e II. Os resíduos classe I são os perigosos, que apresentam ao menos uma das seguintes características: periculosidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, os resíduos classe II são os não perigosos, sendo que a classe II é dividida em II A e II B.

Os resíduos classe II A são não inertes, os quais podem possuir propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Já os resíduos classe II B são inertes e se enquadram em qualquer resíduo que quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, com exceção dos aspectos de cor, turbidez, dureza e sabor.

3.2 Definição de gestão e gerenciamento

Lopes (2003) define gestão de resíduos sólidos todas as normas e leis relacionadas a este e gerenciamento integrado de resíduos sólidos sendo todas as operações que envolvam resíduos, como coleta, tratamento, disposição final, entre outras.

A gestão integrada de resíduos sólidos, pela Lei Federal nº12.305/2010 (BRASIL, 2010) é definida como sendo:

Conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental,

cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável, tendo como princípio a responsabilidade compartilhada entre o governo, as empresas e a população.

De acordo com a Lei Federal nº12.305/2010 (BRASIL, 2010), gerenciamento de resíduos sólidos pode ser definido de forma:

Conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta lei.

O gerenciamento de resíduos sólidos pode ser estabelecido pela associação ao controle da geração, estocagem, coleta, transferência, transporte, processamento e disposição dos resíduos sólidos, de acordo com princípios de saúde pública, econômicos, de engenharia, de conservação, estéticos, e de proteção ao meio ambiente, sendo também responsável pelas atitudes públicas. Dessa forma, o gerenciamento de resíduos exige o emprego das melhores técnicas na busca do enfrentamento da questão (TCHOBANOGLOUS *et al.*, 1993).

3.3 Inovação tecnológica

3.3.1 Conceitos e definições

Entende-se por inovação a capacidade de reconhecer e programar oportunidades. Inovação é mudança de comportamento no mercado, de fornecedores e consumidores de quaisquer produtos e natureza (KUFPEL; TIGRE, 2004).

A inovação é o processo de várias etapas através do qual as organizações transformam ideias em produtos melhorados, serviços ou processos a fim de avançar, competir e diferenciar-se com sucesso em seu mercado (BAREGHEH; ROWLEY; SAMBROOK, 2009).

A inovação tecnológica é um diferenciador que permite a desconstrução e recriação de um empreendimento capitalista, permitindo que o empreendedor, através das mudanças tecnológicas. Essa visão proporciona uma significativa alavanca do processo de desenvolvimento das empresas e do mercado (SCHUMPETER, 1961).

3.3.2 Tipos de inovações

Em 2005, foi lançado pela Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OCDE), após uma série de publicações, o Manual de Oslo. Este documento traz diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação, devido à complexidade no processo de inovação e as variações com que ocorrem em empresas. Dentre as inovações listadas estão (OCDE. FINEP. Manual de Oslo, 2005):

- Inovação de produto: está totalmente atrelada as mudanças realizadas no produto, podendo ser o melhoramento em componentes e materiais, software, características funcionais e facilidade de uso bem como a introdução de um novo produto.
- Inovação de processo: apresenta um novo método de produção e/ou distribuição de um produto aperfeiçoado, podendo ser em equipamento, técnicas e/ou software.
- Inovação de marketing: implementa um novo marketing, sendo ele na embalagem, preços e promoções, de maneira geral na concepção de um produto.
- Inovação organizacional: apresenta uma nova estruturação na empresa, sendo ela de forma a alterar a organização do local de trabalho, mudando a rotina e procedimento para a condução de um processo e também, pode apresentar um novo modelo de prática de negócios.

3.3.3 Prospecção científica

Souza e Ribeiro (2013) definem prospecção científica sendo um estudo descritivo, documental, com abordagem quantitativa que utilizam técnicas de análise bibliométrica com intenção de quantificar e analisar a produção acerca do tema escolhido e assim possibilitar a elucidação de estratégias para futuras pesquisas que aprofundem o assunto.

Para a realização da bibliometria, faz-se necessário a revisão da literatura, a qual é a base para o reconhecimento do atual conhecimento científico. Uma das formas existentes de revisão é a sistematização, consistindo num método de análise

científica por um processo minucioso para identificar, selecionar, coletar dados, analisar e descrever o aporte relevante à pesquisa. Trata-se de uma revisão realizada com roteiro e agrupamento dos estudos originais, condensando os resultados das investigações, ou seja, um apanhado rigoroso do material separado (CORDEIRO *et al.*, 2007).

A bibliometria é um método quantitativo e estatístico de medição de índices de produção do conhecimento científico, em virtude de que os estudos deste tipo englobam pesquisas que tem o intuito de quantificar os processos de comunicação escrita a fim de investigar amplamente a produção textual de artigos científicos, dissertações e teses, essência dos estudos bibliométricos (PRITCHARD, 1969).

Como resultado da bibliometria, tem-se o gerenciamento das informações e do estudo científico sobre o assunto em questão, assim a definição de análise bibliométrica tem como foco a avaliação quantitativa de certos parâmetros de um conjunto definido de artigos, chamado de portfólio bibliográfico. Como parâmetros observáveis, destacam-se os artigos selecionados, autores, instituições de pesquisas e área de pesquisa (LACERDA, ENSSLIN E ENSSLIN, 2012).

3.3.4 Prospecção tecnológica

A previsão tecnológica fornece uma visão oportuna para as perspectivas de mudança tecnológica, por meio de análise do passado e do presente e, em seguida, planejar o futuro, utilizando informações sobre inovações tecnológicas (JARVENPAA *et al.*, 2011).

Alencar (2020) classifica o tipo de técnica em qualitativa e quantitativa. A qualitativa oferece significados a eventos e percepções baseado em subjetividade ou criatividade e, a quantitativa mede a variável e aplica análises estatísticas, usando ou gerando dados confiáveis.

Wright (2000) classifica em três tipos a abordagem: explorativa, exploratória e normativa. Enquanto a abordagem exploratória se concentra no que vai acontecer, a abordagem exploratória foca no que pode acontecer e por fim, a análise normativa determina o que deve acontecer.

Porter (2004) agrupa os métodos em família. As famílias são divididas em criatividade, métodos descritivos e matrizes, métodos estatísticos, opinião de

especialistas, monitoramento e sistema de inteligência, modelagem e simulação, cenário, análise de tendência e sistema de avaliação e decisão.

Uma ferramenta importante para a prospecção tecnológica é o banco de dados patentários. Essa ferramenta possibilita que o pesquisador entenda mais sobre sua tecnologia de estudo e reconheça os pontos fortes e fracos do seu invento criando algo inédito e principalmente, auxilia o entendimento da evolução tecnológica em determinada área ao longo do tempo, as perspectivas de mercado viabilizando que as empresas aperfeiçoem sua produção e tecnologias com base nas tendências vigentes (GHESTI *et al.*, 2017).

4 METODOLOGIA

A metodologia foi configurada em seis etapas, sendo elas: bibliometria, portfólio bibliográfico, estado da arte das tecnologias identificadas nas etapas

anteriores, prospecção de mercado, prospecção das tecnologias aplicáveis ao gerenciamento de resíduos sólidos e confecção do portfólio tecnológico.

4.1 Prospecção Científica

Para a identificação das principais tecnologias aplicáveis a resíduos sólidos e conseqüentemente, a verificação do panorama da pesquisa científica do Brasil referente às tecnologias, foram realizadas verificações sistemáticas na literatura através de bases de dados bibliográficos.

Para as buscas, as bases de dados utilizadas foram o SCOPUS (Elsevier) tendo por principal acesso o portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), sendo as buscas realizadas em língua portuguesa e em língua inglesa.

As buscas realizadas em português na base SCOPUS (Elsevier) foram realizadas utilizando operador booleano “AND” e limitadas apenas ao português (*LIMIT TO*), com as palavras de busca sempre entre aspas e utilizando o campo “*Article title, Abstract, Keyword*” enquanto na base BDTD as estratégias foram aplicadas para “*todos os campos*”, utilizando a busca avançada combinando as duas palavras de interesse, limitando o idioma ao português. Foram utilizadas as combinações dos descritores “resíduos sólidos” *and* “tecnologia”.

Com as tecnologias aplicáveis à gestão de resíduos sólidos identificadas, as buscas ocorreram utilizando as tecnologias empregadas através das combinações “resíduos sólidos” *and* “aterro sanitário”, “resíduos sólidos” *and* “biodigestão”, “resíduos sólidos” *and* “compostagem”, “resíduos sólidos” *and* “vermicompostagem”, “resíduos sólidos” *and* “incineração”, “resíduos sólidos” *and* “gaseificação”, “resíduos sólidos” *and* “pirólise” e por fim “resíduos sólidos” *and* “plasma”.

Para as buscas em inglês, o processo ocorreu de forma similar, tendo por principal diferença um refino maior utilizado apenas na base SCOPUS (Elsevier) marcando a opção de tipo de documento o Review e Book Chapter, de forma a reduzir a quantidade de documentos tendo as mesmas combinações do português, utilizando de termos em inglês.

Para a base BDTD o processo ocorreu de maneira similar, estando limitadas (limited to) apenas a língua inglesa para todos e posteriormente para a busca em português. Na base BDTD, utilizou-se também a busca avançada para combinar as duas palavras. Para cada combinação de pesquisa, foram efetuadas as leituras dos títulos e posteriormente realizada a seleção dos trabalhos pertinentes ao estudo.

4.1.1 Bibliometria

Foram levantadas as principais instituições responsáveis pela produção de materiais, tipo de material (tese, dissertações e etc), principais regiões responsáveis pela produção, ano e área de conhecimento através das buscas nas bases de dados. A bibliometria foi confeccionada apenas da pesquisa principal, sendo ela “resíduos sólidos” *and* “tecnologia” pois a combinação dos descritores totalizou-se nove buscas para cada base em português e inglês.

4.1.2 Portfólio bibliográfico

O portfólio bibliográfico foi disposto em formato de quadro contendo tecnologia, título, autor, instituição, tipo de documento e autor estando ordenados por tecnologias e ordem crescente de ano por tecnologia, na qual é apresentado do corpo do texto de forma sintetizada e expressa em sua totalidade no Apêndice A deste trabalho.

4.1.3 Estado da arte

Após a confecção do portfólio os trabalhos foram lidos em sua integralidade e trazidos ao corpo do texto por tecnologias selecionadas de maneira crescente alfabeticamente, com exceção da vermicompostagem, a qual vem seguida da compostagem por meio da didática.

4.2 Prospecção de mercado

A busca de mercado foi realizada por meio de pesquisas em catálogos disponíveis em sites de empresas responsáveis pela comercialização dos produtos relacionados às tecnologias aplicáveis aos resíduos sólidos e disponibilizados em formato de quadro.

4.3 Prospecção tecnológica

A busca foi exercida tendo por referência os documentos de patentes disponibilizados em base nacional, sendo o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

A pesquisa ocorreu utilizando as tecnologias já definidas anteriormente, tendo por validade os que expunham os termos descritos no campo de pesquisa por título, o critério de escolha foram as cinco patentes mais atuais. Foram analisados os documentos disponíveis até dia 20 de janeiro de 2022, ou seja, o período de tempo fora delimitado pela data de início de disposição de documentos na base consultada até a data pesquisada.

4.3.1 Portfólio tecnológico

O portfólio tecnológico dos métodos e técnicas dos resíduos sólidos foi configurado em formato de quadro, identificando a tecnologia, ano de depósito no INPI, título, vantagens e desvantagens.

4.4 Sistematização dos resultados

Para a caracterização e identificação dos principais gargalos tecnológicos, ambientais, econômicos e financeiros para cada uma das tecnologias foram utilizadas as informações dispostas no decorrer deste estudo.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Resultados da Prospecção Científica

Para a análise bibliométrica das nove pesquisas realizadas, foram considerados os dados de: quantidade de publicações, tipo de pesquisa, instituições, regiões e área de conhecimento.

5.1.1 Resultados da Bibliometria na Base BDTD

Os resultados obtidos para as diferentes estratégias empregadas na Biblioteca digital são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Buscas na base BDTD

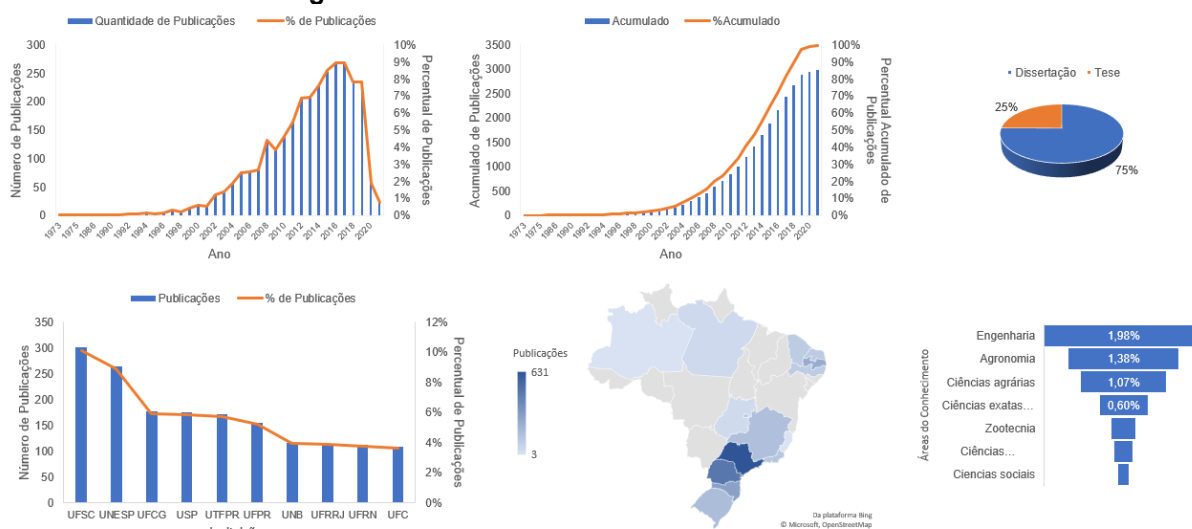
Item	Estratégia	Português	Inglês	Total
1	“resíduos sólidos” and “tecnologia”	2.979	2	2.981
2	“resíduos sólidos” and “aterro sanitário”	776	1	777
3	“resíduos sólidos” and “compostagem”	318	1	319
4	“resíduos sólidos” and “digestão anaeróbia”	112	0	112
5	“resíduos sólidos” and “gaseificação”	50	1	51
6	“resíduos sólidos” and “incineração”	113	0	113
7	“resíduos sólidos” and “pirolise”	159	0	159
8	“resíduos sólidos” and “plasma”	104	0	104
9	“resíduos sólidos” and “vermicompostagem”	44	0	44
	Total	4.655	5	4.660

Fonte: Autoria própria (2022)

Dos 4.660 trabalhos identificados 99,89% são em língua portuguesa e apenas 0,11% em língua inglesa. Das nove estratégias aplicadas somente em 4 foram identificadas publicações em inglês, itens 1, 2, 4 e 7, respectivamente. Ao avaliar o somatório das estratégias que apresentam tecnologias recuperamos 36,00% dos trabalhos afetos a tecnologias, ou seja, dos 4.655 trabalhos em língua portuguesa 1.676 são identificados nas oito tecnologias expressas, enquanto que a estratégia 1 que trata das tecnologias em resíduos sólidos, de forma ampla e genérica, trouxe 2.979 (64,00% dos trabalhos em português).

A seguir são apresentados os resultados da estratégia 1 somente para língua portuguesa, considerando o número incipiente de publicações em língua inglesa.

Figura 1 – Dashboard bibliométrico da base BDTD



Fonte: Autoria própria (2022)

Com o resultado obtido, nota-se uma expressividade de publicações entre os anos de 2012 a 2019, caracterizando mais da metade do total de pesquisas publicadas, ou seja, há um total de 1.893 trabalhos entre estes anos.

As publicações concentram-se em 25% de teses e 75% dissertações e as instituições com maiores pesquisas são a UFSC e a UNESP respectivamente com 301 e 265 publicações, que representa 10,1 e 8,9% das divulgações científicas, respectivamente.

Em relação a região geográfica brasileira com maior produção científica tem-se a região sul com 36% e a região sudeste com 35% dos documentos resgatados pela estratégia. As regiões norte e centro oeste são as que possuem menores taxas, 2 e 6%, respectivamente.

As principais áreas de conhecimento de pesquisas publicadas no Brasil encontram-se em engenharia, agronomia e ciências agrárias com porcentagens de 1,98%, 1,38% e 1,07%, respectivamente.

5.1.2 Resultados da Bibliometria na Base Scopus

Na tabela 2, apresentada abaixo, seguem os resultados adquiridos para as diferentes estratégias empregadas na base Scopus (Elsevier).

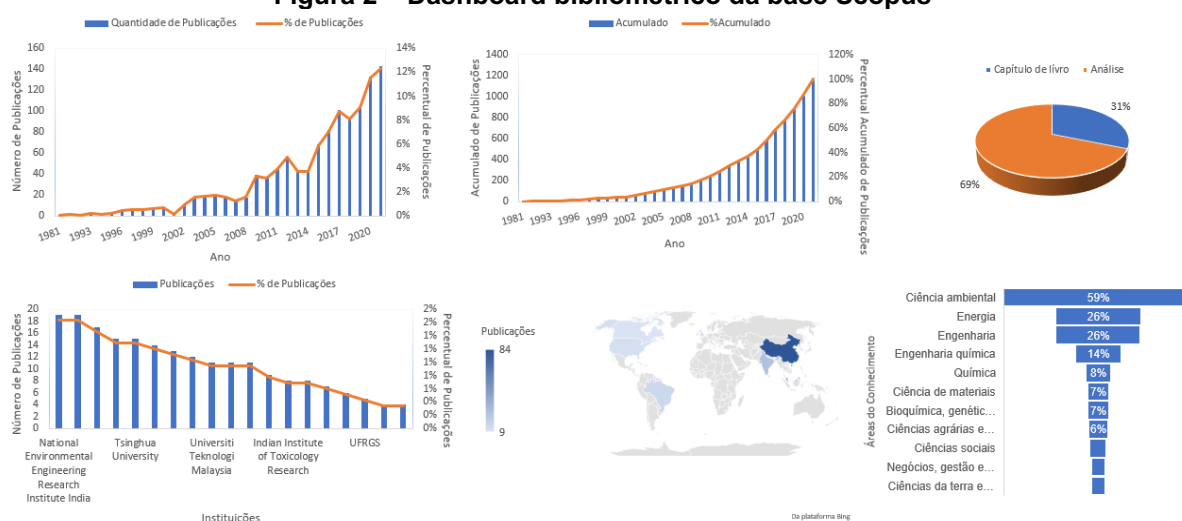
Tabela 2 – Buscas na base Scopus

Item	Estratégia	Português	Inglês	Total
1	"resíduos sólidos" and "tecnologia"	4	1.155	1.159
2	"resíduos sólidos" and "aterro sanitário"	1	64	65
3	"resíduos sólidos" and "compostagem"	7	336	343
4	"resíduos sólidos" and "digestão anaeróbia"	0	2	2
5	"resíduos sólidos" and "incineração"	6	571	577
6	"resíduos sólidos" and "gaseificação"	0	201	201
7	"resíduos sólidos" and "pirólise"	0	0	0
8	"resíduos sólidos" and "plasma"	0	0	0
9	"resíduos sólidos" and "vermicompostagem"	0	43	43
	Total	18	2.372	2.390

Fonte: Autoria própria (2022)

Foram identificados 2.390 trabalhos, destes apenas 0,75% são em língua portuguesa enquanto que na língua inglesa estes trabalhos representam 99,25%. Das nove estratégias utilizadas 4 foram identificadas publicações em português, sendo os itens 1, 2, 3 e 5, respectivamente. Ao avaliarmos o somatório das estratégias que apresentam tecnologias recupera-se 51,31% dos trabalhos relacionados a tecnologias, assim sendo, dos 2.372 trabalhos em língua inglesa 1.217 são identificados nas oito tecnologias expressas, enquanto que a estratégia 1 que trata das tecnologias em resíduos sólidos, de maneira ampla e genérica, apresenta-se 1.155 (48,69% dos trabalhos em inglês).

Na figura 2 são apresentados os resultados da estratégia 1 somente para língua inglesa, considerando o número de publicações em língua portuguesa irrelevante.

Figura 2 – Dashboard bibliométrico da base Scopus

Fonte: Autoria própria (2022)

Através dos dados apresentados, a partir do ano 2017 as publicações ganham força no cenário internacional com 101 trabalhos publicados (8,74% dos trabalhos recuperados), aumentando gradativamente até 2021, com exceção de 2018 onde houve uma queda para 94 publicações (8,14%), o que aponta uma ascensão do tema na atualidade.

Os trabalhos depositados na base Scopus (Elsevier) representam um total de 69% de artigos de análise e/ou revisão e 31% de capítulo de livro para língua inglesa.

Observa-se que as instituições com maiores publicações são a National Environmental Engineering Research Institute India e Tongji University ambas com 19 documentos e por meio do mapa representando os países por publicações é possível observar que as instituições com maiores publicações estão localizadas na Índia, China e Malásia.

As áreas de conhecimento abordadas nas publicações se destacam ciência ambiental com 59%; energia e engenharia com valores idênticos a 26% e engenharia química com 14%.

5.1.3 Portfólio bibliográfico

Através da revisão sistemática da literatura e com os títulos devidamente separados, o portfólio da literatura foi gerado, estando disposto em formato de tabela, identificando a tecnologia, título, autor, instituição, tipo de documento e ano, estando

ordenados por tecnologia e ordem crescente de ano por tecnologia, conforme mostra o quadro 1, de maneira enxuta e completa no apêndice A.

Quadro 1 – Portfólio bibliográfico sintético

Tecnologia	Título	Autor (es)	Instituição	Tipo	Ano
Aterro sanitário	Gestão integrada de resíduos sólidos: resíduos sólidos: guia do profissional em treinamento: nível 1	Lange, L. R., Lima, W. S., Amaral, C. S., Fazzi, I. O.	ReCESA	Livro	2010
Aterro sanitário	Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão	Jucá, J. F., Lima, J., Lima, D., Mariano, M., Lucena, L., Firmo	FADE/ UFPE	Pesquisa Científica	2013
Compostagem	Estudo e avaliação de quatro modos de aeração para sistemas de compostagem em leiras	Azevedo, M. A	UFMG	Dissertação	1993
Compostagem	Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos	Reis, M. F.	UFRGS	Tese	2005
Digestão anaeróbia	Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes	Verma, S.	Columbia University	Tese	2002
Digestão anaeróbia	Estudo da inclusão de compartimentos em biodigestores modelo canadense	Oliveira, M. M. de	UFSM	Dissertação	2012
Gaseificação	Gaseificação de biomassa: uma análise teórica e experimental	Andrade, R. V.	UNIFEI	Tese	2007
Gaseificação	Review of state-of-the-art waste to-energy technologies	Whiting, K; Wood, S., Fanning, M., & Venn, M.	WSP Environmental Limited	Análise	2013
Incineração	Waste management	Kumar, S.	In Tech	Livro	2010
Incineração	RDF/SRF evolution in the MSW sector: coexistence of BMT and selective collection	Rada, E. C., Ragazzi, M.	International Journal of Sustainable Development and Planning	Análise	2015

Pirólise	Pyrolysis of wood/biomass for biooil: a critical review	Mohan, D., Pittman, C. U., Steele, P. H.	Energy & Fuels	Análise	2006
Pirólise	Fast pyrolysis of biomass - a handbook	Bridgwater, A. <i>et al</i>	CPL Scientific Publishing Services Limited	Livro	2008
Plasma	Estudo do estado da arte e análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de e energia elétrica no estado de Minas Gerais	Fundação Estadual do Meio Ambiente	Fundação Estadual do Meio Ambiente	Artigo	2010
Plasma	Municipal solid waste management: processing, energy recovery, global examples	Reddy, P. J.	BS Publications	Livro	2011
Vermicompostagem	Análise de substratos e parâmetros de controle para a vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos	Sartori, H.J.F.	USP	Tese	1998
Vermicompostagem	Composting versus vermicomposting: a comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes	Fornes, F., Mendoza-Hernández, D., García-de-la-Fuente, R.; Abad, M.; Belda, R. M.	Bioresource Technology	Análise	2012

Fonte: Autoria própria (2021)

As tecnologias descritas no quadro 1 pertencem a todas as bases de dados analisadas, tanto em português quanto em inglês, filtradas de acordo com o indicado na seção metodológica desse trabalho.

5.1.4 Estado da arte

5.1.4.1 Aterro sanitário

No Brasil o aterro sanitário é uma forma adequada de disposição final de resíduos sólidos urbanos, nele ocorre um conjunto de processos físicos, químicos e biológicos, já que é um reator anaeróbico que tem como resultado uma massa de resíduos mais estáveis, química e biologicamente (RECESA, 2010).

De acordo com a ABNT NBR 8.419/92 um aterro sanitário é classificado como:

Uma técnica de disposição de resíduos sólidos no solo sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-lo ao menor volume possível, cobrindo-os com uma camada de terra a cada jornada de trabalho ou em intervalos menores se necessário.

A disposição dos resíduos em aterros obedece à classificação regulamentada pelas normas brasileiras definidas pela ABNT NBR n° 10.004/04. Os resíduos que podem ser dispostos nos aterros sanitários são aqueles considerados não perigosos (resíduos Classe IIA e Classe IIB). Os resíduos de Classe IIA são os considerados não inertes e podem possuir as propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, já os resíduos de Classe IIB são considerados inertes, e correspondem àqueles que quando amostrados de forma representativa e submetidos ao contato com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, exceto aspectos de cor, turbidez, dureza e sabor. Embora sejam resíduos Classe IIB, os resíduos da construção civil não podem ser dispostos em aterros sanitários.

Os aterros sanitários podem ser classificados de acordo com a forma em que são projetados, sendo: aterro em vala, aterro em trincheira, aterro em encosta e aterro em área. No aterro em vala a instalação para disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) se dá no solo, em escavação com profundidade limitada e largura variável, confinada em todos os lados, dando oportunidade a uma operação não mecanizada. No aterro em trincheira a instalação para disposição de RSU se dá no solo, em escavação sem limitação de profundidade e largura, que se caracteriza por confinamento em três lados e operação mecanizada. No aterro em encosta a

instalação para disposição de RSU se dá no solo, caracterizada pelo uso de taludes pré-existentes, usualmente implantados em áreas de ondulações ou depressões naturais, encostas de morros ou pedreiras e áreas de mineração desativadas. No aterro em encosta a instalação para disposição de RSU no solo, caracterizada pela disposição em áreas planas acima da cota do terreno natural (JUCÁ *et al.*, 2014).

5.1.4.2 Compostagem

A compostagem pode ser definida como um processo de decomposição oxidativo biológico aeróbio, controlado de transformação de resíduos orgânicos em produto estabilizado, com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem. O processo é comumente realizado em pátios no qual o material é disposto em montes de forma cônica, chamados de pilhas de compostagem ou leiras. (TEXEIRA *et al.*, 1999).

Kiehl (1998) define o processo da compostagem em três fases. A primeira fase corresponde a decomposição de componentes facilmente biodegradáveis, a segunda fase onde a celulose e materiais similares são degradados pela atividade oxidativa dos microrganismos e a terceira fase, ocorrendo a maturação/estabilização do composto.

A primeira fase, conhecida como fase mesófila, apresentando temperaturas entre 20°C a 45°C, ocorre nos primeiros três dias de compostagem, sendo marcada pela presença de bactérias e fungos mesofílicos, que degradam componentes simples (açúcares, aminoácidos e proteínas) acarretando no rápido aumento da temperatura, devido à liberação de calor por parte do metabolismo microbiano (VERGNOUX *et al.*, 2009).

Conforme o aumento da temperatura, ocorre a morte dos microrganismos mesófilos e o surgimento de uma microflora termofílica, caracterizando assim a segunda fase da compostagem (BERNAL *et al.*, 1996). Na fase termofílica, a temperatura permanece na faixa de 45°C a 65°C, os micro-organismos termófilos são responsáveis pela decomposição das gorduras, bem como da celulose, hemicelulose e lignina (TUOMELA *et al.*, 2000). Nesta fase ocorre a máxima degradação da matéria orgânica e também a inativação de microrganismos patogênicos. A última fase é a de maturação, caracterizada pela diminuição da temperatura, devido à redução da

atividade microbiológica associada à depleção dos substratos orgânicos degradados, havendo assim o surgimento de uma nova população mesofílica (BARRENA *et al.*, 2009).

No decorrer das diferentes fases, haverá produção de CO₂, amônia, água, ácidos orgânicos e calor devido à degradação dos componentes orgânicos pelos microrganismos (BERNAL; ALBURQUERQUE; MORAL, 2009).

Os fatores que influenciam o processo da compostagem são: relação carbono/nitrogênio (C/N), umidade, temperatura, aeração, pH e granulometria.

A escolha do agente de estruturação é importante porque altera a qualidade do composto, já que a degradação da matéria orgânica durante o processo de compostagem pode ser afetada pelo tipo de substrato utilizado (DOUBLET *et al.*, 2011).

Vários pesquisadores esclarecem que a relação C/N ideal para iniciar o processo de compostagem está entre 20/1 e 25/1 (HUANG *et al.*, 2004; ZHU, 2007; KUMAR *et al.*, 2010a; IQBAL; SHAFIQ; AHMED, 2010; FOURTI, 2013). Apesar de que os microrganismos absorvam carbono e nitrogênio da matéria orgânica na relação 30/1, a relação C/N ideal não deve ser considerada um valor absoluto, já que é dependente da qualidade de carbono disponível para a biomassa microbiana, devendo variar com as características dos substratos a compostar (KIEHL, 1998).

A umidade da pilha de compostagem deve ser controlada uma vez que o excesso ou a falta podem limitar ou impedir a degradação microbiana, uma vez que a água é essencial para o desenvolvimento e permanência dos microrganismos. Para Pereira Neto (2007), a umidade de 60% é um valor aconselhável para o início da compostagem. Bidone e Povinelli (1999) consideram que a umidade ideal seja da ordem de 55%. Valores inferiores a 40% ocorreria uma redução significativa da atividade biológica (REIS, 2005). Além disso, teor de água abaixo de 30% resulta na inibição da atividade microbiana, comprometendo a compostagem (RUSSO, 2003).

A temperatura está relacionada com a eficiência do processo, por ser um indicativo do equilíbrio biológico e de fácil monitoramento, além de atuar como um fator seletivo sobre a população microbiana (FERNANDES; SILVA, 1999).

No início da compostagem ocorre a intensificação da atividade microbiana de decomposição, de forma a que a temperatura aumente rapidamente. Logo após, é observada a fase termofílica, com temperaturas acima de 45°C, em que ocorre a plena

atividade dos microrganismos termofílicos na decomposição da matéria orgânica, predominando a ação bacteriana (INÁCIO; MILLER, 2009).

O intervalo de temperatura que mais favorece a decomposição da matéria orgânica é entre 45 e 59°C, onde apresentará maior eficiência no processo, sendo controlada pela aeração (RICHARD, 2002).

A aeração na pilha de compostagem influencia diretamente na qualidade do processo de decomposição, sendo um processo de circulação de ar na leira. Uma vez que a compostagem é um processo aeróbio, o oxigênio é indispensável para a atividade microbiana, ao mesmo tempo, previne que a temperatura da leira, proveniente desse processo, seja muito alta e iniba a biodegradação, proporciona também a saída de gases gerados, evitando que processos anaeróbios causem maus odores e ajuda a manter a umidade uniforme (FERNANDES; SILVA, 1999).

A aeração é considerada o fator mais importante para o controle dos parâmetros que influenciam o processo de compostagem, já que é possível através dela, a manutenção da temperatura, da umidade e o suprimento de oxigênio às populações microbianas aeróbias, bem como a remoção de odores (PEREIRA NETO *et al.*, 1986).

O pH do meio influencia nas atividades metabólicas, no entanto, no processo de compostagem, ele é autorregulado (RUSSO, 2003) e os microrganismos conseguem se manter em uma ampla faixa pH (AZEVEDO, 1993).

Para a maioria das bactérias, a faixa ótima de pH está entre 6 e 7,5. Já para os fungos, o pH ideal deve ser entre 5,5 e 8 (GOLUEKE, 1977).

Bernal, Lopez-Real e Scott (1993) afirmam que materiais com granulação muito fina geram poucos espaços porosos, dificultando a passagem de oxigênio no interior da leira, favorecendo assim o surgimento de condições anaeróbias, proporcionada pela presença de uma maior quantidade de microporos, levando a compactação e aumento da densidade do substrato compostado (KIEHL, 1998).

Handreck (1983) afirma que partículas menores que 0,5 mm e, em particular, entre 0,1 e 0,25 mm, tiveram uma maior influência sobre a porosidade e a retenção de água. Benito, Massaguer e Moliner (2006) constataram que o melhor substrato foi aquele que apresentou partículas grosseiras, entre 0,25 e 2,5 mm, permitindo uma melhor taxa de umidade e uma aeração satisfatória.

Pereira Neto (2001) classifica quanto aos sistemas de revolvimento três métodos diferentes, sendo eles: sistema de leiras revolvidas (*windrow*), sistema de leiras estáticas aeradas (*static pile*) e reatores biológicos (*In-vessel*).

No sistema “*windrow*”, o revolvimento dos resíduos no sistema é realizado com auxílio de equipamento mecânico, a introdução de ar na massa de sólido é feita por difusão e convecção (ANDRADE, 2007). No momento que é realizado o revolvimento, a matéria orgânica entra em contato com a atmosfera rica em oxigênio, permitindo suprir momentaneamente as necessidades de aeração do processo biológico, sendo revolvidas três vezes durante a semana para assegurar a qualidade do composto (FERNANDES; SILVA, 1999).

No sistema de leiras estáticas aeradas, é colocado sob o piso do local uma tubulação plástica ou metálica perfurada em forma de retângulo e ligada a um exaustor. Em cima da tubulação, dispõe-se uma camada de madeira triturada com função facilitar a passagem de ar na leira e servir de leito filtrante para o lixiviado, sobre esta drenagem é montado uma leira, por fim, recobre-se a leira com composto maturado e peneirado a fim de reter calor na pilha e filtrar os gases. Neste processo, intercala-se a aspiração e insuflação de ar (KIEHL, 1998).

Em reatores biológicos, o sistema é diferente dos demais, é um processo que ocorre de maneira fechada de forma a controlar os parâmetros mais importantes. Dessa forma, é possível ter um composto final em menor tempo, uma vez que a fase termofílica ocorre de forma rápida (FERNANDES; SILVA, 1999).

Sharma *et al.* (1997) define três tipos de reatores: batelada, de fluxo horizontal, de fluxo vertical. Em batelada, o composto permanece no mesmo lugar, sem deslocamento e possui um sistema de agitação da massa do resíduo, neste caso o revolvimento é necessário para limitar os caminhos preferenciais de passagem de ar. No de fluxo horizontal, o equipamento é em forma de cilindro e o composto é disposto de forma horizontal, os resíduos entram em um lado e saem pelo outro, com tempo suficiente para passar pela etapa termófila. Nos reatores verticais, o composto entra pela parte superior e percorre o sistema de maneira descendente. O ar pode ser injetado em vários níveis ou apenas na parte inferior.

5.1.4.3 Vermicompostagem

Pathma e Sakthivel (2012) definem vermicompostagem como um processo biooxidativo não termofílico que ocorre por ação de minhocas em associação com microrganismos presentes no solo. Após a estabilização da matéria putrescível, o material resultante é um fertilizante chamado vermicomposto, que modo heterogêneo, definido como turfa, poroso, com boa retenção de umidade e rico em nutrientes necessários para o solo em que se pretende cultivar.

A vermicompostagem é um processo aeróbio que envolve a fragmentação e a digestão parcial de resíduos orgânicos pelas minhocas, conjuntamente com a sua microflora intestinal, bem como a micro-organismos mesofílicos que estão presentes na matéria orgânica (SUTHAR, 2009/2010a; VIG *et al.*, 2011).

A vermicompostagem é um processo de dois estágios: o primeiro, em que a fração orgânica dos resíduos é compostada até atingir a temperatura ambiente, de acordo com métodos convencionais, como por exemplo, o sistema aberto (KIEHL, 1985); o segundo, constituindo-se da adição de minhocas à fração orgânica compostada para que a mesma, após um determinado período, seja convertida em húmus (HARRIS *et al.*, 1990).

Fornes *et al.* (2012) frisa que a fragmentação dos substratos aumenta a área de exposição aos microrganismos, propiciando a aceleração do processo de vermicompostagem. Os microrganismos produzem enzimas extracelulares que degradam a celulose e compostos fenólicos distintos, aumentando assim a degradação do material ingerido. Adicionalmente, a aeração e a homogeneização do substrato promovida pela ação das minhocas também favorecem a atividade microbiana e, por conseguinte, a decomposição dos resíduos orgânicos (DOMINGUEZ *et al.*, 2010).

As espécies mais utilizadas para a vermicompostagem são a *Eisenia Foetida* (minhoca vermelha da Califórnia) e *Eudrilus eugeniae* (minhoca noturna-africana), preferências decorrentes do fato que possui fácil adaptação em cativeiro e a conversão de resíduos orgânicos pouco decomposto em material estabilizado. As minhocas promovem a aceleração e a maturação do composto utilizado como alimento e após todo o processo, o vermicomposto pode ser usado imediatamente (AQUINO *et al.*, 1992; BIDONE; PIVONELLI, 1999).

Os principais fatores que interferem na vermicompostagem são: umidade, aeração, temperatura, relação C:N (concentração de nutrientes), pH e tamanho das partículas (BIDONE; PIVONELLI, 1999).

As minhocas em sua maioria são animais aeróbios necessitando de ar e umidade para as trocas gasosas que são feitas através da parede do corpo (RUPPERT; BARNES, 1996). Dominguez *et al.* (2010) descreveu em seus estudos que a umidade do cativeiro onde serão mantidas as minhocas deve ser muito bem controlada e estar entre 80 e 90%. Para Bidone e Povinelli (1999), não pode haver muita umidade, o que culminaria no afogamento das minhocas; nem pouca umidade. A faixa ideal de umidade fica entre 60% e 80%.

A aeração deve apresentar um teor mínimo de 3 mg/L garantindo a não compactação, sendo possível através de sistemas de pelo menos 30 cm (BIDONE; PIVONELLI, 1999).

Em relação à temperatura, Edwards (1995) concluiu que os sistemas de vermicompostagem devem ser mantidos abaixo de 35°C, o que vem corroborar aos estudos da CETESB (1987) e Reinecke e Venter (1987), que estabelecem uma faixa ideal entre 20 a 29°C.

Para Knapper (1990), a relação C:N ideal estaria entre 26 a 35, relação esta que ocasionaria uma rápida e eficiente estabilização da matéria orgânica. Entretanto, há trabalhos que demonstram que essa relação pode estar em torno de 10 (KIEHL, 1985; CETESB, 1987), que favorece a mineralização do nitrogênio. Além desses fatores, a altitude e a poluição também podem afetar o desempenho do processo (MELLO *et al.*, 1989).

O pH deve ser mantido numa faixa entre 4,5 e 9,7 de acordo com a espécie (SARTORI, 1998).

O tamanho da partícula seria aquele adequado ao processo digestivo, entretanto, partículas muito pequenas podem, dependendo do material empregado, levar a uma compactação, o que seria prejudicial à sobrevivência das minhocas. Neuhauser *et al.* (1980) relata que menores partículas de alimento proporcionam maior taxa de crescimento das mesmas.

Caso ocorra uma variação brusca nessas condições, as minhocas podem morrer ou serem levadas a migrar para áreas mais adequadas à sua sobrevivência ou adaptar-se às novas condições (EDWARDS, 1995).

5.1.4.4 Digestão anaeróbia

A digestão anaeróbia de materiais orgânicos é um processo fermentativo em que a matéria orgânica complexa é degradada a compostos mais simples, sendo uma maneira eficiente de tratar quantidades consideráveis de resíduos, e reduz o seu poder poluente. Esse processo ocorre por meio da ação de diversos grupos de microrganismos, principalmente os que não necessitam de oxigênio para o seu crescimento, conhecidos como microrganismos anaeróbios, que interagem simultaneamente até a formação dos produtos finais. O composto de gases proveniente desse processo é chamado de biogás, sendo constituído principalmente por metano e dióxido de carbono, contendo também pequenas quantidades de hidrogênio, amônia e outros gases (CIBiogás, 2020).

A matéria orgânica biodegradável é convertida em biogás após a passagem por quatro estágios: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (DIVYA *et al.*, 2015).

Nestes estágios, ocorre a segregação de enzimas que hidrolisam os materiais poliméricos a monômeros, conseqüentemente são convertidos novamente em hidrogênio e ácido acético, por fim, um último grupo de bactérias converte o hidrogênio, o dióxido de carbono e o acetato em metano (VERMA, 2002).

Os tratamentos de resíduos (matéria orgânica) mais comuns, tendo em vista altos volumes, são classificados como sendo do tipo Chinês, Indiano e Canadense (FRIGO *et al.*, 2015).

O biodigestor modelo Chinês é construído em quase sua totalidade de alvenaria e fica abaixo do solo, por este motivo o gasômetro é impermeável e fixo. Em sua estrutura há uma entrada, uma saída e uma válvula por onde se coleta o gás gerado (JORGE; OMENA, 2012). Por não usar cúpula móvel, pode ser construído inteiramente de alvenaria e, por isso, tem baixo custo e pouca manutenção (BARRERA, 2003).

Como neste tipo de digestores não há gasômetro, o biogás é armazenado dentro do sistema, funcionando com base no princípio de prensa hidráulica: se houver aumento de pressão em seu interior, devido ao acúmulo de biogás, ocorrerão deslocamentos do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída e em sentido contrário se houver descompressão. Funciona, normalmente, com alta pressão, a qual varia em função da produção e consumo do biogás, conta com uma

câmara de regulação, a qual lhe permitiria trabalhar com baixa pressão. Devido à perda de uma parcela do gás formado na caixa de saída para a atmosfera, o que faz reduzir parcialmente a pressão interna do gás, este tipo de biodigestor não é utilizado para instalações de grande porte. O biogás fornecido pelo digestor modelo chinês é levado até o destino de consumo por tubos e conexões soldáveis em PVC (CIBiogás, 2020).

No biodigestor Indiano, é composto por uma parede central que é para dividir o tanque de fermentação de duas câmaras, permitindo que o material possa circular pelo interior da câmara de fermentação. O processo de fermentação acontece de forma rápida, uma vez que aproveita a temperatura do solo que é pouco variável, favorecendo a ação das bactérias. É caracterizado por uma tampa, conhecida como gasômetro, que pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação e possui pressão constante, com isso não há a necessidade de regulação de aparelhos que utilizam o metano, geralmente feita de ferro ou fibra (TARRENTO; MARTINES, 2006).

O biodigestor modelo Canadense é de fácil instalação e baixo custo por ser fabricado com flexível de PVC, podendo ser usado desde pequenas a grandes propriedades. Constitui-se de uma caixa de entrada, por onde é inserido o material orgânico para tratamento; uma câmara de fermentação subterrânea, onde as bactérias anaeróbicas farão a degradação do material inserido; uma campânula superior, onde o biogás é produzido; uma caixa de saída, para permitir que o efluente estabilizado saia; um registro para controle de saída do biogás e um queimador do biogás (OLIVEIRA, 2012).

A caixa de carga em alvenaria (entrada) possui largura maior que a profundidade, possuindo área maior de exposição ao sol, o que possibilita numa grande produção de biogás e evitando o entupimento. Durante a produção de gás, a cúpula do biodigestor infla por ser feita de PVC, possibilitando a retirada (TORRES; PEDROSA; MOURA, 2012).

5.1.4.5 Gaseificação

A gaseificação é o processo de conversão de qualquer matéria prima à base de carbono em um produto gasoso de grande utilidade devido ao seu potencial termoquímico (HIGMAN, 2008). Os produtos gasosos obtidos são constituídos

principalmente por H₂, CO, CO₂ e CH₄ e as temperaturas do processo são superiores a 700°C podendo chegar a 1000°C, dependendo da matéria-prima, da presença de catalisadores e do método de gaseificação utilizado (ANDRADE, 2007).

No processo de combustão, a matéria prima é oxidada na sua totalidade para se obter o máximo da energia térmica contida na matéria prima, ao passo que no processo de gaseificação o oxigênio oxida parcialmente a matéria prima, utilizando de 20 a 30% do oxigênio utilizado no processo de combustão, preservando assim a energia química contida na matéria prima original e utilizando apenas uma parcela na sua conversão (SHADLE; BREAUULT, 2012).

O processo termoquímico de gaseificação da biomassa ocorre por meio de reações químicas complexas, as quais são responsáveis pela formação do gás de síntese o que torna a gaseificação uma prática altamente eficiente, alcançando valores de eficiência a frio de 60-70% e conversão de carbono de 98-99% (BELL *et al.*, 2011).

A gaseificação oferece vantagens sobre a incineração, já que é capaz transformar 80% da energia química do combustível usado, neste caso o resíduo, em energia química na fase gasosa, onde o syngas (gás de síntese) resultante pode ter diversas aplicações, como em caldeiras a vapor e motores a gás, convertido em calor e eletricidade (WHITING *et al.*, 2013).

O uso da gaseificação vem ganhando força devido a problemas ambientais ocasionados pelo uso de combustível fóssil. A tecnologia predominante é a produção de syngas pela oxidação parcial composto por monóxido de carbono, hidrogênio, metano e dióxido de carbono. A matéria prima pode ser no estado sólido, líquido ou gasoso, utilizando como agente oxidante oxigênio puro, ar, dióxido de carbono ou a combinação de ar e vapor (HIGMAN, 2008).

Cormos (2017) traz a classificação de gaseificadores como os agrupamentos de reatores em três principais categorias: gaseificadores de leito fixo, gaseificadores de leito fluidizado e os gaseificadores de fluxo arrastado. Cada um desses gaseificadores compartilham características que os diferem dos demais.

Reed *et al.* (1981) caracteriza os gaseificadores de leito fixo como os que utilizam um leito de partículas de combustíveis sólidos por meio do qual o ar e o gás passam para cima ou para baixo. Sendo que estes modelos são os mais simples e os únicos adequados para aplicações em pequena escala.

O processo funciona sendo em operação contínua e à medida que a biomassa é alimentada e as cinzas retiradas o leito move-se do topo para o fundo do reator (LORA *et al.*, 2012).

No leito fluidizado, a combustão ocorre em numa câmara onde os resíduos sólidos são previamente triturados e incinerados em suspensão, promovidas por correntes ascendentes de ar que revolvem o fundo permanentemente, o qual é composto por material inerte. Esta corrente de ar é gerada por um distribuidor dimensionado para este processo, e que fica situado abaixo da caldeira (FEAM, 2010).

Em gaseificadores de leito fluidizado, a alimentação do combustível pode ser feita pelo topo em fluxo descendente ou próximo a base do reator em fluxo ascendente. No caso de o fluxo de combustível ser descendente, as partículas de matéria prima ao percorrer todo o reator se convertem quase completamente, fazendo o gás de síntese atingir temperaturas por volta de 1400 °C que deixa o reator próximo à base, nesta temperatura ocorre o derretimento das cinzas e metais, que escorrem pelas paredes do reator e podem ser recuperados pela base. Em reatores de fluxo ascendente, as partículas de combustível são arrastadas em direção ao topo, por onde sai o gás de síntese bruto. Neste caso também ocorre o derretimento das cinzas e metais, que também escorrem pelas paredes do reator e são recuperadas sólidas após o resfriamento em banho de vapor na sua base (GRAY, 2017).

Há ainda alguns desafios a serem superados, dentre eles a operação com carvões utilizando agente gaseificador em alta temperatura (operando com slaggin), aumento da concentração de carvão em sistemas de alimentação com lama, aperfeiçoamento do desempenho e aumento da vida útil dos bicos de alimentação, aumento de escala, limpeza do syngas, integração com sistemas de poligeração e ampliação da vida útil dos refratários do *freeboard*, tendo como principal desafio a ampliação de mercado, a redução de custos de implantação e manutenção, principalmente, para unidades destinadas a geração de energia elétrica. Os custos de instalação e manutenção de unidades de ciclo combinado utilizando gás natural é muito inferior ao custo de unidades operando com syngas (WHITING *et al.*, 2013).

5.1.4.6 Incineração

A incineração consiste em um processo de oxidação térmica, com temperaturas de processo variando de 800°C a 1300°C. Nessas temperaturas e com excesso de oxigênio, por se tratar de uma atmosfera fortemente oxidante, ocorre a destruição térmica dos resíduos orgânicos, com a consequente redução de volume e de patógenos do material incinerado. A incineração não é usada de forma que a única finalidade seja a de redução de volume, uma vez que, quando comparada com outros processos, ela se torna economicamente inviável. A incineração está associada à eliminação de contaminantes altamente persistentes, tóxicos e inflamáveis. A NBR Nº 11.175 definida pela ABNT, que normatiza a incineração de resíduos perigosos, define os requisitos de operação e os padrões de emissão de HCl, HF, CO, SO₂, NO₂ e materiais particulados, estabelecendo o monitoramento contínuo e orientando sobre o chamado teste de queima (ABNT, 1990).

A FEAM (2010) classifica em três grupos os incineradores: combustão em grelha, combustão em leito fluidizado, Combustível Derivado de Resíduos (CDR).

Na combustão em grelha, os resíduos passam por uma grelha em uma câmara fechada, onde o ambiente é aquecido, promovendo a secagem dos resíduos, a liberação do material volátil e a queima dos compostos orgânicos. Parte do ar de combustão é injetado por debaixo da grelha, já pré-aquecido, com a finalidade de resfriar, secar e auxiliar a combustão. Uma outra parte do ar é disperso sobre a massa de resíduo em alta velocidade, promovendo a mistura de gases proveniente da combustão por turbilhonamento. A temperatura recomendada gira em torno de 1200°C, para que seja garantido a transformação do material orgânico em CO₂ e água. Sendo esta forma de tratamento considerada a tradicional para a queima de resíduos (KUMAR, 2010).

O leito fluidizado pode apresentar leitos do tipo circulante ou borbulhante. O processo tem início com o aquecimento dos queimadores auxiliares alimentados a óleo. Quando a temperatura chega a 400°C os resíduos sólidos são lançados acima do leito ou dentro dele, sendo agitados pelas correntes de ar, o processo permite que a areia e os resíduos triturados troquem calor rapidamente, causando a combustão. Quando a temperatura atinge os 600°C, os queimadores auxiliares são desligados e o processo se mantém com a combustão dos resíduos. As cinzas mais pesadas são removidas pelo fundo através da ação de extratores mecanizados e as cinzas mais

leves são carregadas pelas correntes de ar e coletadas pelos sistemas de limpeza de gases (STEWART; LEMIEUX; ZINN, 1993).

O combustível derivado de resíduos (CDR) é uma forma de tratamento de que requer um beneficiamento dos resíduos, passando pela separação de materiais para reciclagem, secagem e trituração posterior destes resíduos. Após este processo, passam a disponibilizar alto poder calorífico. Neste tratamento, há geração de rejeitos que, dependendo da exigência do processo, pode variar de 20% a 80%. Estes devem ser encaminhados para disposição final. Nesta tecnologia, a principal função é utilização posterior como combustível (JUCÁ *et al.*, 2014).

Segundo Rada e Ragazzi (2015), as etapas obrigatórias do processo do CDR é a separação dos resíduos, trituração e secagem. Há algumas indústrias que exigem maior processamento, e desta forma, incluem as seguintes etapas posteriores: refino e peletização (para transporte e estocagem).

5.1.4.7 Pirólise

A pirólise pode ser definida como a decomposição termoquímica da biomassa da matéria orgânica na ausência de agentes oxidantes para produzir produtos: líquido (bio-óleo), sólido (carvão) e gás não condensável. Esse processo é capaz de gerar valor comercial agregado na forma de produtos químicos, petroquímicos e combustíveis (MARSHALL, 2013).

Os produtos são classificados em três tipos principais: gás, líquido e sólido. Durante o processo de pirólise é gerado como produto final do carvão fertilizantes, do gás e bio-óleo os produtos finais são combustíveis, farmacêuticos e aditivos alimentares (MARSHALL, 2013).

A pirólise é um processo endotérmico definido pela decomposição térmica de materiais à base de carbono em uma atmosfera deficiente em oxigênio e que utiliza do calor para produzir um gás de síntese além de produtos no estado sólido e líquido. Pelo fato de o oxigênio estar deficiente neste processo, não ocorre uma queima direta como na combustão. A pirólise da madeira, por exemplo, produz o carvão vegetal, que é um dos combustíveis mais antigos (YOUNG, 1943).

De acordo com as condições de operação a pirólise é classificada em rápida, convencional ou lenta. A pirólise rápida se caracteriza por altas taxas de aquecimento

(acima de 650°C). Na pirólise lenta, são empregadas baixas temperaturas (até 400°C) e longos tempos de residência favorecendo a produção de carvão vegetal, enquanto na pirólise convencional tem-se temperaturas em torno de 600°C (MOHAN; PITTMAN; STEELE, 2006).

O procedimento de pirólise é realizado em reatores, podendo ser de pequeno, médio e grande porte. No projeto desses dispositivos de tratamento de resíduos, é considerado a ampliação da capacidade do reator, conforme o aumento da demanda ao longo da vida útil. Tamanhos e tipos de reatores variam muito conforme o tipo de biomassa e a aplicação (BRIDGWATER, 2008).

O processo de pirólise, de forma geral, é composto por três etapas: zona de secagem, zona de pirólise e zona de resfriamento. Na primeira etapa (zona de secagem) é fornecido calor externo ao reator de forma que a temperatura altera as propriedades moleculares da matéria depositada. Na segunda etapa (zona de pirólise) é onde ocorre as reações químicas como a fusão, volatilização e oxidação, onde há formação de alguns subprodutos. Na terceira etapa (zona de resfriamento) são recolhidas cinzas residuais e há coleta de subprodutos restantes (CHANG, 2013).

5.1.4.8 Plasma (tocha)

A tecnologia de plasma pode ser usada para o tratamento térmico de qualquer tipo de resíduo, exceto resíduos nucleares tendo a energia gasta como parâmetro dominante e a quantidade de energia que necessita para destruir o resíduo (REDDY, 2011).

No plasma, utiliza-se altas temperaturas em ambiente abundante de oxigênio para decompor totalmente os resíduos em moléculas simples. Trata-se de tecnologia para processamento de metais que têm como fonte de calor uma tocha de plasma que produz gás ionizado com variação de temperatura entre 1480°C a 6650 °C (KUMAR, 2010).

Tem-se dois tipos de tochas de plasma: as tochas de arco transferido e as tochas de arco não transferido. Nas tochas de arco não transferido, os pólos positivo e negativo (eletrodos) estão no interior do dispositivo, dentro do compartimento de onde é projetada a tocha. Nas tochas de arco transferido, um eletrodo fica no interior

da tocha de plasma, enquanto o outro fica fora ou interligado ao material sob aquecimento, sendo a corrente elétrica contínua (FEAM, 2010).

Os resíduos sólidos urbanos são introduzidos no sistema através de câmaras estanques chamadas “lock hopper”, onde o ar aquecido, que pode ou não conter oxigênio, é introduzido para favorecer a combustão destes resíduos. Após a queima, os resíduos são convertidos em gás combustível e este gás é tratado pela chama de plasma sendo decomposto numa fornalha vertical conhecida como “Shaft”. Como produto final, há a produção de hidrogênio e monóxido de carbono e a vitrificação dos compostos inorgânicos (FEAM, 2010).

5.2 Prospecção Mercadológica

Para conhecer quais produtos estão chegando para os consumidores e quais as empresas responsáveis pela distribuição fez-se necessário uma busca de mercado, a qual corrobora com a posterior criação de novos produtos.

O aterro sanitário por se tratar de uma forma de destinação final dos resíduos e não possuir um produto final a ser comercializado ou equipamentos de tratamento, a prospecção mercadológica não foi realizada.

No quadro 2, tem-se os dados obtidos para os produtos quanto a compostagem, sendo eles os produtos finais, como fertilizantes, substrato e condicionadores de solo bem como produtos relacionados a máquinas que realizam o revolvimento automático, até os produtos que podem ser utilizados de maneira manual por se tratar da realização de compostagem em ambientes de pouca geração de resíduos.

Quadro 2 – Portfólio mercadológico para compostagem

Empresa/Marca	Produto/Equipamento	Modelo	Características	Aplicação
Menart	Compostador autopropeido	SPMC 7328	Potência do motor de 630 hp, capacidade nominal 7000m³/h	Revolvimento de leiras
Civemassa	Compostador de resíduo orgânico	CRO 4.0	Potência de 120 cv, capacidade volumétrica de 3,45 m³ lineares,	Compostagem de resíduos e transporte

			rendimento de 690 m ³ /h	
Terra Form	Composteira elétrica	--	Capacidade para até 2 kg, potência de 900 w com tempo de duração entre 4 a 12 horas	Compostagem para redução de volume
Trapp	Peneira rotativa	MK 370	Capacidade de 115 litros, potência de 360 w e Tambor de ângulo ajustável	Peneirar/classificar/misturar diferentes tipos de terra, adubo e resíduo orgânico, criando variados compostos para aplicação em jardim
Trapp	Caixa de compostagem	CC 435	Capacidade de 435 litros, com tamanhos 70x80x70	Produção de adubo para correção de solo
Compostec	Condicionador de solo classe A	--	Alto teor de carbono	Correção pH, elevação da capacidade de troca catiônica do solo
GardenPlus	Substrato para plantas	--	Produto a base de turfa	Aplicação em jardins e vasos
OrganoVerde	Fertilizante	--	Fertilizante reativo de liberação prolongada, função ativadora de compostos presentes no solo	Aplicação em plantas

Fonte: Autoria própria (2022)

O quadro 3 apresenta os resultados para a vermicompostagem, a qual foi retirada a coluna de versão/modelo por nenhum produto ser pertinente a tal classificação, tendo somente a disponibilização de produtos para a realização manual, e a empresa não disponibilizar modelo e a geração de produtos finais, os quais são utilizados como substrato/fertilizantes.

Quadro 3 – Portfólio mercadológico para vermicompostagem

Empresa/Marca	Produto/Equipamento	Características	Aplicação
Calterra	Substrato	Composto por turfa, terra preta e húmus de minhoca	Indicados para manutenção e recuperação do solo
Dimy	Húmos de minhoca	Produzido a partir da vermicompostagem	Corretivo para solos com baixa retenção de umidade, sendo vasos, canteiros e jardins

Brotei	Minhocário – Baldes	Composto por três baldes de 30 litros cada, produzidos de material recicláveis	Produção de húmus para jardins, etc.
Compostcheira	Minhocário – Caixa	Capacidade de 120 litros, possui rodinhas e sistema de coleta do húmus	Produção de húmus para jardins, etc.

Fonte: Autoria própria (2022)

Os produtos relacionados com a digestão anaeróbia disponíveis estão indicados pelo quadro 4, como segue abaixo, indo desde a geração do gás em si, tendo modelos de coletor do gás, como os maquinários que são utilizados para tal, bem como produtos relacionados ao fertilizante líquido.

Quadro 4 – Portfólio mercadológico para digestão anaeróbia

Empresa/Marca	Produto/Equipamento	Versão/Modelo	Características	Aplicação
Puxins	Coletor de gás	PX-CQD-RM200	Capacidade de armazenamento de 200 m ³ /semana	Armazenamento de metano para posterior conversão e utilização
Agroper	Fertilizante orgânico líquido	Concentrado	De origem do tratamento do biodigestor	Frutas, flores e hortaliças
Sansuy	Biodigestor	Modelo Biodigestor Plus	Alta performance na conversão de dejetos e resíduos em combustível	Trata dejetos de produção animal, resíduos da indústria alimentícia, esgoto, lixo doméstico e agricultura
Recolast	Biodigestor	Biodigestor tubular 4500	Sistema composto por biodigestor tubular, lagoa biofertilizante escavada, tubulação de entrada, saída e limpeza, tubulação de biogás, manta geotextil, válvula de alívio, flare	Tratamento de resíduos orgânicos

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a gaseificação os produtos disponíveis no mercado são em sua grande maioria compostos por maquinários, como mostra o quadro 5.

Quadro 5 – Portfólio mercadológico para gaseificação

Empresa/Marca	Produto/Equipamento	Versão/Modelo	Característica	Aplicação
Carbogás	Reatores	Reator CARBOGÁS	Possui capacidade de 50 GCal	Utilizado para produção de combustível gasoso com melhor característica de transporte e utilizado como matéria-prima para outros processos
Bioware	Combustível DWP	--	Combustível híbrido menos poluente e com maior eficiência	Utilizados como bio-óleo combustível,
W2E Bioenergia	Reatores	Reatores W2E	Capacidade de 250 kg/h de produção	Energia térmica ou elétrica a partir da conversão por geradores

Fonte: Autoria própria (2022)

No quadro 6, são apresentados alguns modelos de incineradores disponíveis, sabendo-se que grande parte é utilizado para incineração de resíduos hospitalares contaminados.

Quadro 6 – Portfólio mercadológico para incineração

Empresa/Marca	Produto/Equipamento	Versão/Modelo	Característica	Aplicação
Enge Aplic	Incinerador	Modelo RSS	Poder de operação de 24 horas ininterruptamente, possui capacidade nominal de até 500 kg/h	Utilizado para incineração de produtos hospitalares
Ati Industries	Incinerador	Gama HP	Possui capacidade de produção de até 1000 kg/h, reduz até 97% dos resíduos	Resíduo contaminado proveniente da saúde, resíduos industriais de plástico, alcatrão, resinas, tintas, têxteis, graxa e animais mortos
AddField	Incinerador	MP-500	Capacidade de produção de 500 kg/dia	Incineração de produtos hospitalares

Fonte: Autoria própria (2022)

O quadro 7 traz as empresas responsáveis pela introdução de produtos e maquinários relacionados à pirólise.

Quadro 7 – Portfólio mercadológico para pirólise

Empresa/Marca	Produto/Equipamento	Versão/Modelo	Característica	Aplicação
IBÁ	Carvão Vegetal	--	Carbonizado a partir da madeira à baixa quantidade de oxigênio	Combustível para aquecedores, lareira, churrasqueiras, fogões a lenha e siderúrgicas
Petrobrás	Biocombustível	--	Produzido em usina de reprocessamento de xisto e pneus	Combustíveis
Beston	Planta pirolítica/máquina	BLJ-6	Produção de 6 ton/dia, potência de 24 kw/h	Produtos quem usam em sua fabricação bio-óleo, fios de aço e negro de fumo

Fonte: Autoria própria (2022)

O tratamento de resíduos através do plasma ocorre nas usinas de plasma, a qual faz-se necessário um alto investimento na tecnologia, devido aos materiais necessários para conseguir isolar o lixo e levá-lo ao estado de plasma, é necessário também mão de obra qualificada e uma quantidade mínima de resíduo para viabilizar a central, o qual no Brasil é um problema pois um nível baixo de resíduos restaria para este tratamento uma vez que parte é encaminhado à a compostagem e vermicompostagem, tendo em vista problemas como esses, não é comumente aplicada no Brasil.

5.3 Prospecção tecnológica

Nesta seção são apresentadas as principais tecnologias identificadas junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI.

5.3.1 Aterro sanitário

5.3.1.1 Busca em base de patentes – INPI

No quadro 8 são apresentadas as patentes encontradas na base do INPI sob o termo de busca “aterro sanitário” no campo título.

Quadro 8 – Patentes relacionadas ao tema aterro sanitário

Pedido	Depósito	Título	IPC
BR 10 2019 010793 6	27/05/2019	Processo de tratamento de lixiviado de aterro sanitário com coagulante constituído por polímero de musa sp. e ozonização	C02F 9/00
BR 10 2017 006908 7	04/04/2017	Processo de extração e purificação de substâncias húmicas de lixiviado de aterro sanitário	C02F 9/00
BR 10 2017 006907 9	04/04/2017	Processo de tratamento de lixiviado de aterro sanitário por oxiamonólise	C02F 9/00
BR 10 2012 006907 5	03/12/2012	Processo para reciclagem do chorume de aterro sanitário	C02F 103/06
PI 0904410-8	15/06/2009	Processo de tratamento de percolado/chorume de aterro sanitário por pirólise e destilação fracionada, utilizando indução térmica e aquecimento por biogás do próprio aterro, extraíndo lodo que retorna ao aterro, água de reuso, amônia anidra dissolvida e gás amônio	C02F 11/10

Fonte: Instituto Nacional da Propriedade Individual – INPI (2022)

O aterro sanitário é considerado uma forma de destinação final dos resíduos sólidos, por tanto, entende-se que os mesmos já podem ter passado por algum outro método de tratamento.

Como mostrado no quadro 8, todas as patentes referentes a aterro sanitários estão relacionadas ao tratamento do lixiviado, o que não foi objeto de investigação deste trabalho, desta forma, essa tecnologia, bem como, aterro sanitário não terão a seção de caracterização das tecnologias, bem como, não comporão o portfólio tecnológico.

5.3.2 Compostagem

Tanto na compostagem quanto na vermicompostagem tem-se como principal função a decomposição do material orgânico, sendo que a principal diferença ocorre

pelos agentes transformadores que, enquanto na compostagem se dá por fungos e bactérias, na vermicompostagem o agente principal é a minhoca.

5.3.2.1 Busca em base de patente – INPI

No quadro 9 estão apresentadas as patentes encontradas na base do INPI sob o termo de busca “compostagem” no campo título.

Quadro 9 - Patentes relacionadas ao tema compostagem

Pedido	Depósito	Título	IPC
BR 10 2020 010456 0	26/05/2020	Disposição introduzida em um implemento agrícola para a formação e aeração de uma leira em um sistema de compostagem	A01B 33/08
BR 10 2020 003417 0	18/02/2020	Revolvedor de cama de compostagem	A01B 27/00
BR 10 2018 004562 8	07/03/2018	Processo de compostagem de materiais orgânicos	C05F 17/00
BR 20 2017 015395 4	18/07/2017	Biorreator controlado por Arduino para a compostagem de resíduos sólidos orgânicos	C05F 17/02
BR 10 2017 010980 1	24/05/2017	Processo de compostagem ultrarrápido e respectivo produto final obtido	C05F 15/00

Fonte: Instituto Nacional da Propriedade Individual – INPI (2022)

5.3.2.2 Estado da técnica

O modelo de utilidade intitulado “DISPOSIÇÃO INTRODUZIDA EM UM IMPLEMENTO AGRÍCOLA PARA A FORMAÇÃO E AERAÇÃO DE UMA LEIRA EM UM SISTEMA DE COMPOSTAGEM” (BR 10 2020 010456 0) refere-se a uma disposição introduzida em implemento agrícola para a formação e areação de uma leira em um sistema de compostagem tendo como principal diferença aos implementos conhecidos, a inclusão de rotores com um conjunto de elementos ativos divididos em múltiplas seções: extremas perimetrais, intermediárias e central, após o desgaste, se dá pela retirada de apenas um dos elementos que compõe o respectivo conjunto, sendo que esta disposição possibilita ainda um direcionamento e processamento do material mais eficiente, bem como, o implemento traz ainda um conjunto de transmissão de fluxo de força que permita ao rotor principal operar junto a tratores.

O modelo de utilidade intitulado “REVOLVEDOR DE CAMA DE COMPOSTAGEM” (BR 10 2020 003417 0) refere-se a um equipamento utilizado para revolver cama de compostagem de locais que abrigam animais, mais específico sendo utilizado em criações de pecuária leiteira e de corte. O equipamento é constituído por um conjunto de dois rolos, um na parte dianteira e o outro na traseira, ambos acionados pela tomada de força do trator através de caixas de transmissão. O rolo dianteiro é responsável por quebrar a camada endurecida da cama de compostagem e fazer a troca das camadas inferiores pelas superiores, enquanto o rolo traseiro tem a função de quebrar na totalidade os torrões ou pedaços maiores que tenham sido deixados pelo rolo dianteiro, desta maneira, o total nivelamento da cama de compostagem com maior oxigenação do solo promove sua secagem com maior rapidez.

O modelo de utilidade intitulado “PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE MATERIAIS ORGÂNICOS” (BR 10 2018 004562 8) refere-se a um processo que permitirá compostar qualquer material orgânico em até 15 dias para obter produto inerte, inodoro, na temperatura ambiente, com baixa umidade, PH equilibrado e com concentrações de nutrientes próprios à agricultura. Para realizar a compostagem é necessário que o material orgânico coletado seja escolhido pela concentração de nutrientes agricultáveis para que ao fim do processo seja produzido um produto que, ao ser acrescentado o catalisador composto de vários elementos orgânicos reunirá características e atributos básicos de um condicionador de solo e/ou adubo orgânico ou organomineral.

O modelo de utilidade intitulado “BIORREATOR CONTROLADO POR ARDUINO PARA A COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS” (BR 20 2017 015395 4) refere-se a um biorreator automático que utiliza-se do hardware e software do Arduino Mega 2560 para gerenciamento de sensores e do acionamento de atuadores, constituído de um tambor cilíndrico com chicanas fixadas as suas paredes internas, sensores de umidade, sensores de temperatura, sensores de chuva e sensor de nível de reservatório, reservatório de líquidos, bomba hidráulica, motor de passo e um invólucro de proteção, dotado de uma tela de LCD e que abriga o circuito. A lógica de programação do sistema utiliza os dados de saída dos sensores para comandar o acionamento dos atuadores, bem como para a regulagem da frequência de aeração do processo, utilizando como variável condicional os valores dos gradientes térmicos.

O modelo de utilidade intitulado “PROCESSO DE COMPOSTAGEM ULTRARRÁPIDO E RESPECTIVO PRODUTO FINAL OBTIDO” (BR 10 2017 010980 1) refere-se a um processo de compostagem ultrarrápido e seu respectivo produto final obtido, pertencente ao campo de aplicação dos métodos de reciclagem, transformação e reaproveitamento de materiais orgânicos, o qual consiste em transformar restos de alimentos em adubo rico e fértil utilizando métodos automáticos em máquinas apropriadas de compostagem, através da mistura controlada de determinados tipos de ingredientes em etapas, duração, temperatura e dosagens específicas.

5.3.3 Vermicompostagem

5.3.3.1 Busca em base de patente – INPI

No quadro 10 são apresentadas as patentes encontradas na base do INPI sob o termo de busca “vermicompostagem” no campo título, obtendo-se apenas um resultado.

Quadro 10 – Patentes relacionadas ao tema vermicompostagem

Pedido	Depósito	Título	IPC
PI 9703658-7	16/06/1997	Vermicultura e vermicompostagem no tratamento biológico orgânico do lixo urbano nas usinas de reciclagem de resíduos sólidos	C05F 17/00

Fonte: Instituto Nacional da Propriedade Individual – INPI (2022)

5.3.3.2 Estado da técnica

O modelo intitulado “VERMICULTURA E VERMICOMPOSTAGEM NO TRATAMENTO BIOLÓGICO ORGÂNICO DO LIXO URBANO NAS USINAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS” (PI 9703658-7) refere-se ao tratamento biológico tendo como matéria prima resíduos orgânicos provenientes do lixo urbano, através da compostagem destes resíduos pelo processo de aeração forçada com total isenção de invasoras e patógenos dispostos em leiras nos pátios de usinas de reciclagem com um período de trinta dias para a decomposição do material orgânico, havendo após este processo a inoculação da minhoca Vermelha da Califórnia,

transformando estes resíduos no período de trinta dias em vermicomposto, obtendo como resultado final um composto de alta qualidade.

5.3.4 Digestão anaeróbia

5.3.4.1 Busca em base de patente – INPI

No quadro 11 são apresentadas as patentes encontradas na base do INPI sob o termo de busca “digestão anaeróbia” no campo título.

Quadro 11 – Patentes relacionadas ao tema digestão anaeróbia

Pedido	Depósito	Título	IPC
BR 13 2014 025044 0	07/10/2014	Processo para produção de bioenergia e biofertilizante através de digestão anaeróbia e de cultivo de algas utilizando subprodutos agroindustriais	C02F 9/14
BR 11 2014 023150 8	11/03/2013	Um sistema de digestão anaeróbia melhorado para resíduos orgânicos domésticos	C05f 17/00
PI 1102151-9	11/05/2011	Processo e sistema de produção de biogás a partir da digestão anaeróbia de biomassa vegetal em fase sólida	C10J 3/06
PI 8403178-6	28/06/1984	Processo e instalação de digestão anaeróbia	C02F 11/04
PI 8204452-0	29/07/1982	Reator para digestão anaeróbia	C12P 5/02

Fonte: Instituto Nacional da Propriedade Individual – INPI (2022)

5.3.4.2 Estado da técnica

O modelo de utilidade intitulado “PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE BIOENERGIA E BIOFERTILIZANTES ATRAVÉS DE DIGESTÃO ANAERÓBIA E DE CULTIVO DE ALGAS UTILIZANDO SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS” (BR 13 2014 025044 0) refere-se ao aproveitamento da vinhaça, o qual é um subproduto da destilação do etanol, para a produção de bioenergia, biofertilizante e com a digestão anaeróbia acoplada à produção de microalgas para fins distintos. Após a decomposição anaeróbia, é usada como substrato para produção de algas que possuem capacidade de fixar carbono e nitrogênio atmosférico por meio da fotossíntese, utilizando-se da energia solar e formando biomassa em quantidades

adequadas para seu aproveitamento na produção de bioenergia e biofertilizantes nitrogenados.

O modelo de utilidade intitulado “UM SISTEMA DE DIGESTÃO ANAERÓBIA MELHORADO PARA RESÍDUOS ORGÂNICOS DOMÉSTICOS” (BR 11 2014 023150 8) refere-se a um sistema digestor anaeróbio horizontal compacto para converter materiais de biomassa de resíduos domésticos com alto teor de sólidos e menos umidade em biogás rico em metano e lodo de composto concentrado. O sistema compreende de um recipiente fornecido com isolamento e cilíndrico na parte inferior, encaixado no interior do recipiente está um eixo de defletores radiais ou horizontais ou diagonais em igual distribuição e ligado com uma manivela no exterior do recipiente para rodar o eixo a partir do exterior. O recipiente conta com uma porta em uma extremidade para a introdução de resíduos e um outro conjunto de portas para descarga de resíduos estabilizados na extremidade oposta, e ainda, uma porta de gás controlada por válvula acima do nível da porta de descarga de resíduos estabilizados. A fim de controlar o tamanho das partículas, um pequeno triturador operado manualmente acoplado ao recipiente digestor para trituração/corte/moagem de sólidos grandes e duros encontra-se disponível no sistema.

O modelo de utilidade intitulado “PROCESSO E SISTEMA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA DIGESTÃO DE BIOMASSA VEGETAL EM FASE SÓLIDA” (PI 110215-9) refere-se a um processo de produção de biogás a partir de materiais lignocelulósicos, operados em reatores de processo semicontínuo ou contínuo, num primeiro reator para o tratamento de biomassa vegetal através de explosão a vapor; e um segundo reator para a hidrólise e a digestão anaeróbia do material tratado na etapa de tratamento de biomassa pela explosão a vapor por bactérias anaeróbias. Alternativamente, as etapas de hidrólise e digestão anaeróbia podem ser realizadas em reatores separados. A etapa de hidrólise pode ser iniciada em um reator intermediário, entre as etapas de tratamento de biomassa vegetal através de explosão a vapor e hidrólise e digestão anaeróbia do material tratado no pré-tratamento de biomassa vegetal através de explosão a vapor na condição termofílica com bactérias anaeróbias, com adição de enzimas celulasas, com ou sem a adição de xilanases.

O modelo de utilidade intitulado “PROCESSO E INSTALAÇÃO DE DIGESTÃO ANAERÓBIA” (PI 8403178-6) refere-se ao processo de digestão anaeróbia num curto espaço de tempo, sob um processo em que a matéria orgânica

não líquida através da utilização de inoculantes, é eliminado o efeito nocivo da acidulação inicial da matéria orgânica, até a formação de adubo estabilizado.

O modelo de utilidade intitulado “REATOR PARA DIGESTÃO ANAERÓBIA” (PI 8204452-0) refere-se a um reator para decomposição biológica de material orgânico na ausência de oxigênio. O equipamento é constituído por uma câmara de digestão e um gasômetro. A câmara é construída por um reservatório tipo caixa de água em função da capacidade prevista, cujo carregamento de matéria prima é feito na extremidade superior e a saída de matéria prima fermentada, através de uma canalização conectada ao gasômetro. O gasômetro destinado a armazenar o biogás formado na câmara de digestão é construído utilizando-se de dois reservatórios, um interno ao outro, de maneira a deslocar-se livremente.

5.3.5 Gaseificação

5.3.5.1 Busca em base de patente – INPI

No quadro 12 são apresentadas as patentes encontradas na base do INPI sob o termo de busca “gaseificação” no campo título.

Quadro 12 - Patentes relacionadas ao tema gaseificação

Pedido	Depósito	Título	IPC
BR 10 2020 012046 8	15/06/2020	Componentes e sistema de produção de carvão vegetal e alcatrão a partir da gaseificação de resíduos florestais e pirólise lenta de madeira	C10B 49/02
BR 11 2021 020245 5	09/04/2020	Produção de gás de síntese a partir da gaseificação e reforma de material carbonáceo	C10J 3/72
BR 11 2021 010387 2	27/11/2019	Reator e método para a gaseificação e/ou fusão de materiais de alimentação e uso de um reator para gaseificação e/ou fusão de materiais de alimentação	C10J 3/26
BR 10 2019 024932 3	26/11/2019	Processo de gaseificação catalítica, catalisador, uso do catalisador e processo para a preparação do catalisador	C10J 3/46
BR 10 2017 004407 6	06/03/2017	Dispositivo de gaseificação por reação de vapor-carbono que utiliza o calor dos gases de exaustão como ignição na combustão de carvão para iniciação da energia da energia de ativação, gerando combustível suplementar a bordo de veículos	FO2M 31/06

Fonte: Instituto Nacional da Propriedade Individual – INPI (2022)

5.3.5.2 Estado da técnica

O modelo de utilidade intitulado “COMPONENTES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL E ALCATRÃO A PARTIR DA GASEIFICAÇÃO DE RESÍDUOS FLORESTAIS E PIRÓLISE LENTA DE MADEIRA” (BR 10 2020 012046 8) refere-se aos processos de pirólise lenta, aos componentes e um sistema de produção de carvão vegetal e alcatrão, utilizando gaseificação de resíduos florestais para fornecer o calor necessário para o processo. O sistema em questão utiliza uma tecnologia desenvolvida para controle e cessão de fluxo de gases por válvulas sifão U.

O modelo de utilidade intitulado “PRODUÇÃO DE GÁS DE SÍNTESE A PARTIR DA GASEIFICAÇÃO E REFORMA DE MATERIAL CARBONÁCEO” (BR 11 2021 020245 5) refere-se ao método de converter material carbonáceo em gás de síntese a uma certa taxa de conversão de carbono compreendendo gaseificar o material carbonáceo em um reator de leito fluidizado produzindo um gás de síntese cru, classificar o gás de síntese cru por tamanho e densidade de partícula em um dispositivo de dimensionamento de corte, introduzir o gás de síntese cru de partícula classificado em um reformador térmico e reformar o gás de síntese cru classificado a uma temperatura acima do ponto de fusão de mineral, produzindo gás de síntese.

O modelo de utilidade intitulado “REATOR E MÉTODO PARA A GASEIFICAÇÃO E/OU FUSÃO DE MATERIAIS DE ALIMENTAÇÃO E USO DE UM REATOR PARA GASEIFICAÇÃO E/OU FUSÃO DE MATERIAIS DE ALIMENTAÇÃO” (BR 11 2021 010387 2) refere-se a um reator e um método de gaseificação e/ou fusão de substâncias, focado na recuperação de materiais e/ou energia de quaisquer resíduos. O reator e o método também são adequados para a gaseificação e fusão de materiais de alimentação de qualquer composição ou para a geração de energia através do uso de resíduos e/ou carvão, sendo que, para o reator foram desenvolvidas adaptações.

O modelo de utilidade intitulado “PROCESSO DE GASEIFICAÇÃO CATALÍTICA, CATALISADOR, USO DO CATALISADOR E PROCESSO PARA A PREPARAÇÃO DO CATALISADOR” (BR 10 2019 024932 3) refere-se a um catalisador a ser aplicado ao processo de gaseificação do coque ou carvão, individual

ou em mistura e ao processo de preparação do catalisador que é útil na obtenção de maiores teores de hidrogênio e monóxido de carbono, permitindo a conversão do coque em gás de síntese rico em hidrogênio. Trata-se também de um processo para a conversão do coque de petróleo utilizando um catalisador de acordo com a presente invenção.

O modelo de utilidade intitulado “DISPOSITIVO DE GASEIFICAÇÃO POR REAÇÃO DE VAPOR-CARBONO QUE UTILIZA O CALOR DOS GASES DE EXAUSTÃO COMO IGNIÇÃO NA COMBUSTÃO DE CARVÃO PARA INICIAÇÃO DA ENERGIA DE ATIVAÇÃO, GERANDO COMBUSTÍVEL SUPLEMENTAR A BORDO DE VEÍCULOS” (BR 10 2017 004407 6) refere-se ao aproveitamento do calor fornecido pelos gases do escapamento, para a reação heterogênea de reagentes como carbono e vapor de água, liberando como produto principal desta reação os gases combustíveis suplementares hidrogênio, monóxido de carbono e metano a bordo do veículo.

5.3.6 Incineração

5.3.6.1 Busca em base de patente – INPI

No quadro 13 são apresentadas as patentes encontradas na base do INPI sob o termo de busca “incineração” no campo título.

Quadro 13 - Patentes relacionadas ao tema incineração

Pedido	Depósito	Título	IPC
BR 13 2020 004726 3	09/03/2020	Resina para aplicação em papel cartão e caixa resinada com calço para acondicionamento e incineração de carvão vegetal, briquetes e lenha	C09K 21/06
BR 10 2018 068742 5	14/09/2018	Instalação e processo de incineração de lixo e resíduos para moldagem de componentes de construção civil	C07C 9/02
BR 11 2018 069039 2	21/03/2017	Sistema de incineração	F23G 7/08
BR 11 2016 013911 9	19/12/2014	Método para recuperação de cinzas proveniente da incineração de resíduos	F23J 1/00
BR 10 2014 010534 4	30/04/2014	Sistema de uso de energia por biomassa, combustão espontânea e incineração de resíduos	F23G 5/00

Fonte: Instituto Nacional da Propriedade Individual – INPI (2022)

5.3.6.2 Estado da técnica

O modelo de utilidade intitulado “RESINA PARA APLICAÇÃO EM PAPEL CARTÃO E CAIXA RESINADA COM CALÇO PARA ACONDICIONAMENTO E INCINERAÇÃO DE CARVÃO VEGETAL, BRIQUETES E LENHA” (BR 13 2020 004726 3) refere-se a um certificado de adição da invenção BR 10 2018 009966 3, invenção a qual expõe uma formulação de resina retardante, cuja aplicação no papel cartão com o qual é fabricada a caixa na qual é acondicionado o carvão vegetal, briquete ou lenha para churrasco, propicia uma queima lenta no papel, o bastante para a incineração do material combustível contido ser transformado em brasa. Já a patente citada aqui, corresponde a uma melhoria realizada na máquina utilizada para tal processo. Esta melhoria compreende de um acendedor cuja configuração de contornos prismáticos triangulares, superiormente e inferiormente, favorecem a circulação do ar e, portanto, do elemento comburente, o oxigênio, otimizando a combustão do elemento combustível (carvão ou briquete) contido na caixa no fundo da qual o acendedor é posicionado ou então, isoladamente, em qualquer outro local em que esteja sobreposto por elemento combustível.

O modelo de utilidade intitulado “INSTALAÇÃO E PROCESSO DE INCINERAÇÃO DE LIXO E RESÍDUOS PARA MOLDAGEM DE COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL” (BR 10 2018 068742 5) refere-se a instalação para incinerar principalmente lixo doméstico e hospitalar, cujo efluente é empregado na moldagem de componentes para construção civil, obras viárias e pavimentação, bem como o aproveitamento de do efluente do forno rotativo. O sistema é composto pelo reservatório para a entrada do resíduo sólido, de esteiras para o transporte dos resíduos dos, do cilindro misturador (para alimentação da terra), de um forno rotativo e de um reservatório de água.

O modelo de utilidade intitulado “SISTEMA DE INCINERAÇÃO” (BR 11 2018 069039 2) refere-se a um sistema de incinerador e queimador para combustão de hidrocarbonetos, como gases e líquidos residuais que ocorrem em locais de perfuração de gás e petróleo, ou gases e líquidos de processo residual de várias aplicações químicas e petroquímicas. O sistema é formado por um injetor de combustível, um dispositivo de misturação de combustível ar de múltiplos estágios, um combustor em comunicação com o dispositivo de misturação de combustível ar

sendo definido por uma câmara de combustão e em comunicação com uma fonte de ignição.

O modelo de utilidade intitulado “MÉTODO PARA RECUPERAÇÃO DE CINZAS PROVENIENTE DA INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS” (BR 11 2016 013911 9) refere-se a um método para o tratamento de cinzas a partir da incineração de resíduos que inclui as etapas de digestão de cinzas por um licor de lixiviação formado por íons de fosfato em solução de modo a gerar uma primeira fase sólida e uma primeira fase líquida, durando menos do que uma hora ou em uma temperatura de mais do que 40°C e a separação da primeira fase líquida que compreende íons de fosfato a partir da primeira fase sólida.

O modelo de utilidade intitulado “SISTEMA DE USO DE ENERGIA POR BIOMASSA, COMBUSTÃO ESPONTÂNEA E INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS” (BR 10 2014 010534 4) refere-se a um sistema de gestão de biomassa e eliminação de resíduos orgânicos, carcaças de animais, materiais específicos de risco e de alto risco, podendo também eliminar resíduos orgânicos urbanos, industriais, narcóticos apreendidos, detritos e obter a combustão espontânea, o poder calorífico dos resíduos e materiais a serem tratados, biomassa e subprodutos, a energia térmica suficiente para gerar vapor e água quente e até mesmo energia elétrica, fazendo com que tanto a autodestruição e incineração por termodestruição de resíduos tratados, sejam obtidos e através de um sistema de trocador interno se obtém água quente ou vapor.

5.3.7 Pirólise

5.3.7.1 Busca em base de patente – INPI

No quadro 14 são apresentadas as patentes encontradas na base do INPI sob o termo de busca “pirólise” no campo título.

Quadro 14 – Patentes relacionadas ao tema pirólise

Pedido	Depósito	Título	IPC
BR 10 2019 022618 8	29/10/2019	Singaseificador em leito fixo descendente, vedado inferiormente, mas com acesso superior, contendo tubo injetor central, escamoteável, de matérias primas secas e de comburentes até a câmara exclusiva e inferior de pré-pirólise semifluida e incandescente ainda no tubo desta cesta de pirólise flamejante, vibrável e abaixo do tubo, tubo para produção rápida e turbilhonada de singás rico em H ₂ para diversos usos	C10J 3/20
BR 10 2019 022135 6	22/10/2019	Processo de refinamento de um bio-óleo de pirólise	C10L 5/44
BR 11 2021 008076 7	27/09/2019	Material compósito poroso, método para preparar o material compósito poroso, uso do material compósito poroso e método para pirólise ou reciclagem de uma substância compreendendo um composto orgânico	H01M 4/80
BR 11 2021 005245 3	19/09/2019	Planta de pirólise	F23G 7/12
BR 11 2021 005377 8	16/09/2019	Processo para a fabricação de silicatos de metal cristalinos porosos pulverulentos que emprega pirólise de aspersão por chama	C01B 37/00

Fonte: Instituto Nacional da Propriedade Individual – INPI (2022)

5.3.7.2 Estado da técnica

O modelo de utilidade intitulado “SINGASEIFICADOR EM LEITO FIXO DESCENDENTE, VEDADO INFERIORMENTE, MAS COM ACESSO SUPERIOR, CONTENDO TUBO INJETOR CENTRAL (...) VIBRÁVEL E ABAIXO DO TUBO, TUBO PARA PRODUÇÃO RÁPIDA E TURBILHONADA DE SINGÁS RICO EM H₂ PARA DIVERSOS USOS” (BR 10 2019 022618 8) refere-se ao desenvolvimento, protótipo, regisração e disponibilização para fabricação e vendas de um pequeno a médio singaseificador rápido em leito fixo e descendente, tendo como carburante o ar natural sugado, a fim de promover melhorias nas máquinas já existentes como: reduzir resfriamentos, despressurização e/ou entradas descontroladas de comburentes e/ou vazamentos de singás, ampliar a produção e a qualidade do singás pela pré-pirólise fluida em câmara cilíndrica, realizar manutenções/regulagens fáceis pelo mesmo tubo central acessível por cima, reduzir entupimentos e não-processamentos pela vibração programada da cesta de pirólise flamejante, controlar e customizar as passagens de combustíveis e de comburentes, mediante pequeno anel central vedável, sugar/injetar

e dosar os comburentes fundamentais em até duas formas e em dois locais e criar vórtices ascendentes de singás.

O modelo de utilidade intitulado “PROCESSO DE REFINAMENTO DE UM BIO-ÓLEO DE PIRÓLISE” (BR 10 2019 022135 6) refere-se ao processo de refinamento de bio-óleo de pirólise para a reutilização do mesmo, em particular como substituto do óleo combustível. O processo deste refinamento compreende a apresentação de uma fase viscosa proveniente de uma decomposição do bio-óleo em uma fase aquosa A1 e uma fase viscosa e o tratamento da fase viscosa a uma temperatura de 250-350°C e a uma pressão de 10-20 MPa, na presença de um solvente, o solvente representando pelo menos 30% em massa, por meio do que obtém-se uma fase gasosa, uma fase aquosa A2 recuperada e uma suspensão que pode ser usada como substituto do óleo combustível que após formação, permite transformar a mesma em um biocombustível sólido, seja após uma separação sólido/líquido que permite transformar a mesma em um biocombustível sólido e em um biocombustível líquido.

O modelo de utilidade intitulado “MATERIAL COMPÓSITO POROSO, MÉTODO PARA PREPARAR O MATERIAL COMPÓSITO POROSO, USO DO MATERIAL COMPÓSITO POROSO E MÉTODO PARA PIRÓLISE OU RECICLAGEM DE UMA SUBSTÂNCIA COMPREENDENDO UM COMPOSTO ORGÂNICO” (BR 11 2021 008076 7) refere-se à promoção de um material compósito poroso e seu método de preparação e uso. Este material compósito poroso gera arcos elétricos em uma área de micro-onda para rapidamente gerar uma alta temperatura conseguindo assim, a pirólise por micro-ondas de substâncias compreendendo compostos orgânicos e reciclagem de substâncias valiosas nos produtos pirolisados, podendo ser aplicado em larga escala além de atingir uma operação eficiente com produtos pirolisados de alto valor agregado e apresentar componentes mais leves. O método promove também a pirólise de alta temperatura por micro-ondas de placas de circuito para alcançar a reciclagem eficaz de recursos., garantindo produtos como gases com alto valor de reciclagem e os resíduos sólidos podem facilmente realizar a separação de componentes metálicos e não metálicos e realizar a recuperação eficiente de metais e fibra de vidro.

O modelo de utilidade intitulado “PLANTA DE PIRÓLISE” (BR 11 2021 005245 3) refere-se a uma planta de pirólise para processamento de material de pneus granulado para recuperar combustíveis e carvão/cinza/carbono. Esta planta

compreende um alimentador aquecido de escape, um reator de pirólise, uma torre de limpeza de peneira rotativa, um limpador de combustível de calor de escape, um refinador de carbono e um queimador de segurança.

O modelo de utilidade intitulado “PROCESSO PARA A FABRICAÇÃO DE SILICATOS DE METAL CRISTALINOS POROSOS PULVERULENTOS QUE EMPREGA PIRÓLISE DE ASPERSÃO POR CHAMA” (BR 11 2021 005377 8) refere-se a um processo para a fabricação de um silicato de metal cristalino poroso pulverulento que compreende as etapas de síntese hidrotérmica que utiliza uma mistura aquosa composta por uma fonte de silício, uma fonte de metal e um componente auxiliar, gerando um silicato de metal cristalino poroso bruto e a pirólise de aspersão por chama, em que a suspensão aquosa obtida é aspergida em uma chama gerada pela combustão de um combustível na presença de oxigênio para formar um silicato de metal cristalino poroso pulverulento.

5.3.8 Plasma (tocha)

5.3.8.1 Busca em base de patente – INPI

No quadro 15 são apresentadas as patentes encontradas na base do INPI sob o termo de busca “plasma” no campo título.

Quadro 15 - Patentes relacionadas ao tema plasma

Pedido	Depósito	Título	IPC
BR 20 2020 020991 0	13/10/2020	Eletrodo para uma tocha de arco de plasma	H05H 1/34
BR 11 2021 001348 2	24/07/2019	Parte de conexão para um cabeçote de processamento o processamento de material térmico, em particular para um cabeçote de tocha de plasma, cabeçote de laser, cabeçote de laser de plasma e uma parte de desgaste e uma montagem de parte de desgaste e um método para o ajuste destes em conjunto	B23 K9/16
BR 20 2017 026381 4	07/12/2017	Disposição construtiva aplicada a consumível para tocha de plasma	H05H 1/34
BR 10 2017 004813 6	10/03/2017	Eletrodo refrigerado para tocha de plasma	H05H 1/28
BR 11 2018 002347 7	04/08/2016	Cartucho para tocha de arco de plasma arrefecido por líquido	H05H 1/34

Fonte: Instituto Nacional da Propriedade Individual – INPI (2022)

A tecnologia de plasma por demandar de mão de obra extremamente qualificada e apresentar alto custo de investimento principalmente por necessitar de

uma quantidade mínima de resíduos para viabilizar a central ou subsidiá-la, a nível Brasil não se mostra vantajosa, à vista disso, a prospecção tecnológica não foi realizada.

5.4 Portfólio tecnológico

Através das patentes identificadas junto ao INPI e após aplicação dos filtros na prospecção tecnológica na seção anterior desse trabalho, segue o quadro 16 trazendo informações quanto às vantagens e desvantagens sobre as mesmas.

Quadro 16 – Portfólio tecnológico das tecnologias aplicáveis aos resíduos sólidos

Tecnologia	Ano de depósito	Título	Vantagem	Desvantagem
Compostagem	26/05/2020	Disposição introduzida em um implemento agrícola para a formação e aeração de uma leira em um sistema de compostagem	Torque sem limite aplicado aos rotores, fácil manutenção, fácil construção e custos competitivos	Os rotores possuem conjuntos de ferramentas ativas presas ao corpo do próprio rotor
Compostagem	18/02/2020	Revolvedor de cama de compostagem	Uniformidade da profundidade do revolvimento, correta oxigenação da cama de compostagem e prolongação da vida útil da cama de compostagem	Não há disponibilidade no mercado de máquinas com dois rolos
Compostagem	07/03/2020	Processo de compostagem de materiais orgânicos	Redução do tempo de compostagem, e geração de condicionador do solo.	Grande quantidade de insumos para a produção do catalizador
Compostagem	18/07/2017	Biorreator controlado por Arduino para a compostagem de resíduos sólidos orgânicos	Equipamento de baixo custo além de ser um equipamento versátil e compacto	Mão de obra qualificada para programação do software e/ou hardware e pré-processamento inicial dos resíduos
Compostagem	24/05/2017	Processo de compostagem ultrarrápido e respectivo produto final obtido	Utilização de métodos automáticos com mistura controlada para transformação da matéria orgânica	O produto final obtido pode ter características quantitativas e qualitativas diversificadas ou alteradas

Vermicompostagem	16/06/1997	Vermicultura e vermicompostagem no tratamento biológico orgânico do lixo urbano nas usinas de reciclagem de resíduos sólidos	Redução de tempo de maturação do composto e esforço físico, além de um produto final de qualidade para uso como biofertilizantes	Controle de quantidade de minhocas a fim de manter a umidade na faixa ideal
Digestão anaeróbia	07/10/2014	Processo para produção de bioenergia e biofertilizante através de digestão anaeróbia e de cultivo de algas utilizando subprodutos agroindustriais	Operar com reatores de produção de algas e reatores anaeróbios, produzir fertilizante mais concentrado e rico que a vinhaça na safra, utilizar algas fixadoras de nitrogênio e de potássio, produzir biomassa na entre safra, utilizando vinhaça biodigerida como meio de cultura para as algas, utilizar biomassa de algas biodigerida como meio de cultura para as próximas algas a serem produzidas, reaproveitamento e recuperação por recirculação de N, P, K, CO ₂	O biogás produzido pela digestão anaeróbia da vinhaça só pode ser aproveitado durante a safra de cana de açúcar, devido à necessidade de insumos para operação, custo de implantação e produtividade outra tecnologia poderia ser utilizada
Digestão anaeróbia	11/03/2013	Um sistema de digestão anaeróbia melhorado para resíduos orgânicos domésticos	Eliminação segura dos resíduos biodegradáveis domésticos, conversão de resíduos materiais em compostagem estável, utilização eficaz dos resíduos lingocelulósicos na melhoria dos solos, recuperação de nutrientes e sua utilização na fonte de geração de resíduos, sem custos adicionais, permite fácil manuseio, transporte e utilização direta de composto estabilizado	Alto tempo para digestão
Digestão anaeróbia	11/05/2011	Processo e sistema de produção de biogás a partir da	Alta eficiência energética, aumento da produtividade e	O tipo e a dosagem das enzimas empregadas no

		digestão anaeróbia de biomassa vegetal em fase sólida	eficiência da digestão pelo uso de bactérias anaeróbias	processo de hidrólise e digestão anaeróbia são dependentes dos fatores: composição da biomassa, grau de cristalinidade da cadeia polimérica, tipo de pré tratamento empregado e condições de processo, principalmente temperatura e pH
Digestão anaeróbia	28/06/1984	Processo e instalação de digestão anaeróbia	Transformação no produto final entre alguns dias a três meses, efeito nocivo da acidulação da matéria orgânica não líquida é eliminado pelo processo de digestão anaeróbia	Grande quantidade de aplicação de lama de inoculação
Digestão anaeróbia	29/07/1982	Reator para digestão anaeróbia	Fornecer alternativa energética satisfatória a um menor custo	Produção de biogás de maneira descontínua
Gaseificação	15/06/2020	Componentes e sistema de produção de carvão vegetal e alcatrão a partir da gaseificação de resíduos florestais e pirólise lenta de madeira	Utilização de componentes simples, de baixo custo de implantação e manutenção, sendo altamente acessíveis e eficiente, desenvolvimento de um processo com viabilidade técnica, ambiental e econômica para a fabricação de carvão vegetal e produção de carvão vegetal e alcatrão pelo método pirólise lenta com conversão de 100% da matéria prima de maior valor agregado em carvão vegetal	Não há sistemas similares disponíveis a nível de mercado
Gaseificação	09/04/2020	Produção de gás de síntese a partir da gaseificação e reforma de material carbonáceo	Produz gás de síntese com menos carvão e alcatrão residual além de fundir o material mineral da matéria-prima em um material tipo vidro	Limitação na preparação de alimentação de material sólido, baixo tempo de residência no reator

Gaseificação	27/11/2019	Reator e método para a gaseificação e/ou fusão de materiais de alimentação e uso de um reator para gaseificação e/ou fusão de materiais de alimentação	A velocidade do fluxo de gás é reduzida proporcionalmente ao aumento da área de descarga do granel, de modo que a entrada de poeira do granel possa ser minimizada e permite que o pó seja devolvido à entrada do gasificador sem reduzir significativamente a capacidade do reator para material fresco de alimentação	Alto custo para instalação e manutenção do equipamento
Gaseificação	26/11/2019	Processo de gaseificação catalítica, catalisador, uso do catalisador e processo para a preparação do catalisador	Promove um maior ganho energético, possibilita uma menor geração de resíduos, além de conseguir alcançar maiores conversões em uma mesma temperatura ou ainda conversões semelhantes em menores temperatura	O catalisador precisa ser realimentado
Gaseificação	06/03/2017	Dispositivo de gaseificação por reação de vapor-carbono que utiliza o calor dos gases de exaustão como ignição na combustão de carvão para iniciação da energia da energia de ativação, gerando combustível suplementar a bordo de veículos	Não há queima de carvão ou lenha, síntese de gás com utilização restrita de ar atmosférico (evitando introdução de grande volume de gás não inflamável), não há utilização de chama interna, aumento de poder calorífico	Para maior aproveitamento de calor, a tubulação de exaustão deverá ser revestida com isolantes térmicos de mantas de fibra cerâmica
Incineração	09/03/2020	Resina para aplicação em papel cartão e caixa resinada com calço para acondicionamento e incineração de carvão vegetal, briquetes e lenha	Favorecimento da circulação de ar e, por conseguinte, do oxigênio otimizando a combustão do carvão, briquete ou outro material inflamável	Não há disponibilidade no mercado
Incineração	14/09/2018	Instalação e processo de incineração de lixo e resíduos para moldagem de	Opera em alta temperatura permitindo a incineração de materiais contagiosos	Demanda de área para alocação do produto

		componentes de construção civil	e tóxicos, apresenta alta produtividade, não emissão de efluentes aéreos e utiliza os rejeitos sólidos da incineração agregando valor econômico	
Incineração	21/03/2017	Sistema de incineração	A injeção do combustível em uma velocidade forçada pré-determinada na entrada do sistema, fornece velocidade de combustível adequada para uma mistura de combustível-ar fluir para cima e arrastar ar adicional no caminho para formar uma mistura de combustível-ar tendo proporção de combustível com ar suficiente para uma reação completa de incineração sem exigir o uso de forças motora	Mão de obra extremamente qualificada, uma vez que o sistema permite inúmeras variações
Incineração	19/12/2014	Método para recuperação de cinzas proveniente da incineração de resíduos	O tratamento utilizado para as cinzas é mais ecologicamente seguro, consumo menor de energia e menor geração de energia	Gastos consideráveis de materiais químicos reagentes
Incineração	30/04/2014	Sistema de uso de energia por biomassa, combustão espontânea e incineração de resíduos	Equipamento de tamanho reduzido e facilmente transportável, de baixo custo, alta eficiência energética e de alta eficiência ambiental como o controle de combustão e emissões atmosféricas nocivas para a atmosfera	Alguns dos resíduos devem ser removidos para que não gerem uma fonte de infecção passível de transmitir doenças para outros animais e pessoas

Pirólise	29/10/2019	Singaseificador em leito fixo descendente, vedado inferiormente, mas com acesso superior, contendo tubo injetor central, escamoteável, de matérias primas secas e de combustíveis até a câmara exclusiva e inferior de pré-pirólise semifluida e incandescente ainda no tubo desta cesta de pirólise flamejante, vibrável e abaixo do tubo, tudo para produção rápida e turbilhonada de singás rico em H ₂ para diversos usos	Equipamento relativamente barato quando comparado a outros, mais moderno e muito eficaz, reduz os custos de materiais e de operações. É a tecnologia mais adequada e mais barata para atender à demanda de pequenas comunidades	Baixa produtividade, gerando até 20 KWh por 24 horas/dia para operarem para atender umas 20 residências vizinhas isoladas e longe da Rede elétrica ou até 60 residências se já ligadas à Rede no sistema de socorro de oferta "grid-in" por apenas 3 horas/dia no horário da demanda-pico - a serem mantidos/operados com mão-de-obra locais e próprias
Pirólise	22/10/2019	Processo de refinamento de um bio-óleo de pirólise	Diminuição dos teores de água e de oxigênio elementar e redução de acidez de forma simples, rápida, pouco onerosa e com um baixo impacto	Alto teor de água e oxigênio elementar no bio-óleo apresentando pouco poder calorífico, pH apresenta problemas de corrosão das instalações metálicas
Pirólise	27/09/2019	Material compósito poroso, método para preparar o material compósito poroso, uso do material compósito poroso e método para pirólise ou reciclagem de uma substância compreendendo um composto orgânico	Alta eficiência energética, pode tratar simultaneamente diferentes tipos de resíduos plásticos, pirolisar borracha residual em monômeros que são então polimerizados novamente para uso	Apesar da eficiência energética, a tecnologia ainda é custosa e pode ocorrer a danificação das propriedades de alguns componentes do material
Pirólise	19/09/2019	Planta de pirólise	O reator de pirólise permite uso contínuo e maior eficiência de permuta de calor, os recipientes rotativos possuem maior capacidade de serem encheidos e descarregados continuamente e os mecanismos de vedação não deixam	Gastos com geração de calor para produzir o gás de síntese que alimenta os queimadores ou gastos com gás de arranque

			passar o oxigénio para os recipientes	
Pirólise	16/09/2019	Processo para a fabricação de silicatos de metal cristalinos porosos pulverulentos que emprega pirólise de aspersão por chama	A precipitação, filtração, lavagem, secagem e calcinação de silicato de metal cristalino poroso bruto obtido a partir da síntese hidrotérmica são evitadas se o material for submetido a um procedimento de pirólise por chama adequado	Requer uso de componentes auxiliares que facilitam a dissolução de fontes de silício e metal

Fonte: Autoria própria (2022)

É possível identificar quanto aos métodos e técnicas aplicáveis aos resíduos sólidos apresentados que o aterro sanitário se caracteriza por uma forma de destinação final dos mesmos, compreendendo que já podem ter passado por algum método de tratamento antes da disposição final, por tanto, é um método que permite inovações tecnológicas apenas quanto aos produtos gerados, dentre eles cita-se o lixiviado e biogás.

Na compostagem ainda há algumas restrições principalmente quando se trata de máquinas, uma vez que no mercado não estão disponibilizadas máquinas que promovam revolvimento uniforme, promovendo inúmeras vantagens, assim como as máquinas que precisam de mão de obra qualificada, se tornando inviável para certos locais, com relação ao produto final, alguns métodos adotados podem apresentar características alteradas ou diversificadas.

Quanto à vermicompostagem, apesar de ser um tratamento barato e de fácil acesso quando comparado aos demais métodos, demanda mais cuidados por se tratar de um método onde os agentes responsáveis pela maturação são extremamente sensíveis.

Quando se refere a digestão anaeróbia, está tudo atrelado aos reatores, neste caso, à infortunos quanto aos materiais utilizados para produção de biogás quando dependentes da safra para poderem ser reaproveitados, de forma que pode ter uso combinado por outros produtos, equipamento o qual se torna de alto custo. Quando os reatores propriamente dito, há modelos que demandam mais tempo para digestão e com a produção de maneira descontínua.

A gaseificação é uma tecnologia onde os equipamentos disponíveis são extremamente custosos para instalação e manutenção, sendo que os modelos mais acessíveis quando relacionados a custos e eficiência ainda não estão disponíveis no mercado. Quando se trata de produção do syngas em si com menor quantidade de carvão e alcatrão residual, os equipamentos encontram-se com grandes limitações com relação ao material de alimentação e também, apresentam resistência baixa no reator.

Os equipamentos utilizados para incineração de materiais normais ou contagiosos e tóxicos, em sua grande maioria demandam grandes áreas para instalações, também podendo ser exigente com relação a mão de obra qualificada não sendo favorável a instalação em qualquer região, enquanto que equipamentos menores podem não ser tão eficazes no sentido de não serem ambientalmente viável pois podem transmitir doenças.

No que diz respeito a pirólise, além de a tecnologia ser custosa, principalmente com a geração de calor para produção de gás de síntese e dependendo do equipamento a produtividade por tempo de operação pode ser baixa, pode ocorrer a danificação das propriedades de alguns componentes do material utilizado.

A tecnologia de plasma no Brasil é pouco implementada por ser extremamente exigente quanto a mão de obra qualificada e apresentar alto custo de investimento principalmente por necessitar de uma quantidade mínima de resíduos para ser possível a liberação da central ou subsidiá-la, podendo ser facilmente utilizada outras formas de tecnologias para economizar estes custos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização da prospecção científica foi fundamental para entender como a evolução da pesquisa acadêmica evoluiu no Brasil e em outros países, sendo o estado da arte, realizada por meio de técnicas de revisões sistemáticas de literatura e da construção do portfólio bibliográfico.

Com a bibliometria foi possível identificar que há autores como Kumar, S., Aquino L., Monteiro Filho, A. e Teixeira, A. que se destacam em vários temas pesquisados, as pesquisas a partir de 2016 aumentaram de forma gradativa até 2021, quanto as pesquisas no Brasil estão concentradas na região sul enquanto que no mundo é predominado pela China.

O estudo da prospecção tecnológica auxiliou a identificar o que vem sendo produzido quanto ao tratamento dos resíduos sólidos, enquanto o portfólio tecnológico abordou as vantagens e desvantagens das patentes analisadas, de maneira a permitir o desenvolvimento de novas patentes ou o aprimoramento do que há depositado.

Com a busca de mercado, foi possível identificar o que existe no mercado para cada tratamento, para que assim, as empresas possam expandir o catálogo com novos produtos e investir e/ou lançar novas tecnologias. Os principais itens encontrados correspondem a máquinas e produtos finais obtido dos tratamentos, como adubos.

Os autores da prospecção científica não são associados com os da prospecção tecnológica e as tecnologias utilizadas em larga escala no Brasil são a compostagem, a digestão anaeróbia e vermicompostagem por serem economicamente viáveis e terem uma disposição maior de insumos e equipamentos para uso, ao mesmo tempo a tecnologia de tratamento com menor procura é o plasma pois os custos são altos.

Atualmente, boa parte dos resíduos produzidos vão diretamente para o aterro sanitário sem passar por qualquer tratamento acarretando na diminuição do tempo útil

deste método de disposição final, situação a qual poderia ser revertida com uma maior utilização das tecnologias disponíveis para os resíduos.

No decorrer do desenvolvimento deste estudo foram identificadas oportunidades para futuras pesquisas relacionadas ao tema abordado, são elas: confecção do *Roadmap* tecnológico pertinente aos métodos e técnicas relacionadas aos resíduos sólidos domésticos e o estudo da classificação internacional de patentes (IPC) referente as patentes apresentadas.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, M. S. de Menezes. **Estudo de futuro através da aplicação de técnicas de prospecção tecnológica: o caso da nanotecnologia**. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2008.

ANDRADE, R. V. **Gaseificação de Biomassa: Uma Análise Teórica e Experimental**. Universidade Federal De Itajubá Instituto De Engenharia Mecânica Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Mecânica, p. 227, 2007.

AQUINO, A.M; ALMEIDA, D.L.; SILVA, V.F. Utilização de minhocas na estabilização de resíduos. **Comunicação técnico**, 1992. Disponível em: <<http://mungo.cnpab.embrapa.br/system/files/downloads/cot008.pdf>> Acesso em: 12 set. 2021.

ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021**. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11.175**: Incineração de resíduos perigosos - padrões de desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8419**: Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8843**: Aeroportos: gerenciamento de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004**: Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

AZEVEDO, M. A. **Estudo e avaliação de quatro modos de aeração para sistemas de compostagem em leiras**. 1993. 194 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1993.

BAREGHEH, A.; ROWLEY, J.; SAMBROOK, S. Towards a multidisciplinary definition of innovation. **Management Decision**, United Kingdom, v.47, n.8, p.1323-1339, 2009.

BARRERA, P. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para zona rural**. São Paulo: Ícone, 2003.

BARRENA, R.; ARTOLA, A.; VÁZQUEZ, F.; SÁNCHEZ, A. The use of composting for the treatment of animal by-products: experiments at lab scale. **Journal of Hazardous Materials**, v.161, p.380-386, 2009.

BELL, D. A.; TOWLER, B. F.; FAN, M. Coal Gasification and its applications. 1. ed. United States of America: **Elsevier**, 2011.

BENITO, M. A.; MASAGUER, A.; MOLINER, R. de A. Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. **Bioresource Technology**, v.97, p. 2071-2076, 2006.

BERNAL, M. P.; LOPEZ-REAL, J. M.; SCOTT, K. M. Application of natural zeolites for the reduction of ammonia emissions during the composting of organic wastes in a composting simulator. **Bioresource Technology**, v.43, p.35-39, 1993.

BERNAL, M. P.; NAVARRO, A. F.; ROIG, A.; CEGARRA, J.; GARCIA, D. Carbon and nitrogen transformation during composting of sweet sorghum bagasse. **Biology and Fertility Soils**, v.22, p.141-148, 1996.

BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, v.100, p.5444-5453, 2009.

BIDONE, F.R.A; PIVONELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EDUSP, 1999.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; Altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e da outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 12 set. 2021.

BRIDGWATER, A. et al. **Fast Pyrolysis of Biomass - A Handbook**. Volume 2 ed. Newbury, Reino Unido: CPL Scientific Publishing Services Limited, 2008.

CAI, C. **Material compósito poroso, método para preparar o material compósito poroso, uso do material compósito poroso e método para pirólise ou reciclagem de uma substância compreendendo um composto orgânico**. Depositante: China petroleum & Chemical corporation. Procurador: Antônio Maurício Pedras Arnaud. BR 11 2021 008076 7. Depósito: 27 set. 2019. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1610199&SearchParameter=PIR%D3LISE%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

CARREIRA, G A. **Planta de pirólise**. Titular: Germano Araújo Carreira. Procurador: Kasznar Leonardo propriedade intelectual. BR 11 2021 005245 3. Depósito: 19 set. 2019. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1606651&SearchParameter=PIR%D3LISE%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

CHANG, S. et al. Effect of hydrothermal pretreatment on properties of bio-oil produced from fast pyrolysis of eucalyptus wood in a fluidized bed reactor. **Bioresource Technology**, 2013. v. 138, p. 321–328.

CHIARI, M. R. **Disposição introduzida em um implemento agrícola para a formação e aeração de uma leira em um sistema de compostagem**. Depositante: Ecoagrícola ind. e com. de equip. LTDA. Procurador: Jorge Roberto Innocêncio da Costa. BR 10 2020 010456 0. Depósito: 26 mai. 2020. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1577873&SearchParameter=COMPOSTAGEM%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Utilização das minhocas na produção de composto orgânico**. São Paulo: CETESB/ASCETESB, p. 11, 1987.

CORDEIRO, Alexander Magno et al. Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Rev. Col. Bras. Cir**, v. 34, n. 6, p. 428-431, 2007.

CORMOS, C. C. IGCC with carbon capture and storage. In: ABRAHAM, M. A. Encyclopedia of sustainable technologies. Cluj-Napoca: **Elsevier**, 2017. cap. 4, p. 2262.

CZERNIK, S. & BRIDGWATER, A. V. Overview of Applications of Biomass Fast Pyrolysis Oil. **Energy & Fuels**, v.18, n.2, p. 590–598, mar. 2004.

DIVYA, D.; GOPINATH, L. R.; CHRISTY, P. Merlin. A review on current aspects and diverse prospects for enhancing biogas production in sustainable means. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, p. 690-699, 2015.

DOMÍNGUEZ, J.; EDWARDS, C.A. Vermicomposting organic wastes: a review. In: SHAKIR, S. H.; MIKHA, W. Z. A. **Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st Century**. Cairo, 2004, p.369-396.

DOMÍNGUEZ, J.; EDWARDS, C. A. **Relationships between composting and vermicomposting: relative values of the products**. In: EDWARDS, C. A.; ARANCON, N. Q.; SHERMAN, R. L. Vermiculture technology: earthworms, organic waste and environmental management. Florida: CRC Press Boca Raton, 2010. p.1-14.

DOUBLET, J.; FRANCOU, C.; POITRENAUD, M.; HOUOT, S. Influence of bulking agents on organic matter evolution during sewage sludge composting; consequences on compost organic matter stability and N availability. **Bioresource Technology**, v.102, p.1298-1307, 2011.

DOWAKI, N. **Dispositivo de gaseificação de biomassa**. Depositante: Japan blue energy co., ltd. Procurador: Luiz Leonardos & Advogado. BR 11 2020 006278 2. Depósito: 27 set. 2018. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1569601&SearchParameter=GASEIFICA%C7%C3O%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

EDWARDS, C. A. Historical overview of vermicomposting. **Biocycle**, p.56-58, 1995.

FEAM (MG). Fundação Estadual do Meio Ambiente (Org.). **Estudo do estado da arte e análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de energia elétrica no estado de Minas Gerais**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. P.174. Disponível em:

<http://www.feam.br/images/stories/fean/relatorio%201%20%20estado%20da%20arte%20do%20tratamento%20termico.pdf>. Acesso em: 12 set. 2021.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. Manual prático para a compostagem de biossólidos. 1. ed. Rio de Janeiro: **ABES**, 1999.

FRIGO, K. D. A.; FEIDEN, A.; GALANT, N. B.; SANTOS, R. F.; MARI, A. G.; FRIGO, E. P. Biodigestores: seus modelos e aplicações. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 4, n. 1, p. 57-65, 2015.

FORNES, F.; MENDOZA-HERNÁNDEZ, D.; GARCÍA-DE-LA-FUENTE, R.; ABAD, M.; BELDA, R. M. Composting versus vermicomposting: a comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes. **Bioresource Technology**, v.118, p.296-305, 2012.

FOUCAULT, M. **Produção de gás de síntese a partir da gaseificação e reforma de material carbonáceo**. Depositante: Enerkem inc. Procurador: Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira. BR 11 2021 020245 5. Depósito: 9 abr. 2020. Disponível em:

<https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1630154&SearchParameter=GASEIFICA%C7%C3O%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

FOURTI, O. The maturity tests during the composting of municipal solid wastes. **Resources, Conservation and Recycling**, v.72, p.43-49, 2013.

GEF BIOGÁS BRASIL. Fundamentos do biogás: conceitos básicos e digestão anaeróbia. Foz do Iguaçu: **CIBiogás**, 2020.

GHESTI, G. F.; FARIA, B. S.; DIAS, F. R.; CUNHA JUNIOR., G. C.; AMARAL, H. L.; LIMA, L. A.; PIRES, L. G. S.; ARAÚJO, L. P.; TENÓRIO, L. X. S.; SILVA, M. L.; FERNANDES, T. L. **Tutorial de busca nos principais bancos de patentes**. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico, 2016.

GRAY, D. Major gasifiers for IGCC systems. In: WANG, T.; STIEGEL, G. Integrated gasification combined (IGCC) technologies. Cambridge: **Woodhead Publishing**, 2017. cap. 8, p. 305-355.

GOLUEKE, C. G. Biological processing: composting and hydrolysis. **Solid Waste Management V. N. Reinholds Company**, p. 127-225, 1977.

GOUGET, V. **Processo de refinamento de um bio-óleo de pirólise**. Depositante: Commissariat a l'energie atomique et aux energies alternatives. Procurador: Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira. BR 10 2019 022135 6. Depósito: 22 out. 2019. Disponível em:

<https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1526082&SearchParameter=PIR%D3LISE%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

HAANDEL, A. C. V. **Processo e sistema de produção de biogás a partir da digestão anaeróbia de biomassa vegetal em fase sólida**. Depositante: Cetrel S.A. Procurador: Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira. PI 1102151-9. Depósito: 11 mai. 2011. Disponível em:

<https://busca.inpi.gov.br/pePl/servlet/ImagemDocumentoPdfController?CodDiretoria=200&NumeroID=a33dbfee55adc132d94fd219c61c71318ab13fe7ed07bfda3664cfed7dcbc24d&certificado=undefined&numeroProcesso=&ipasDoc=undefined&codPedido=868892>. Acesso em: 20 jan. 2022.

HANDRECK, K. A. Particle size and the physical properties of growing media for containers. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.14, p.209-222, 1983.

HARRIS, G.D., PLANTT, W.L., PROCE, B.C. Vermicomposting in a rural community. In: **BIOCYCLE** Guide to the Art & Science of Composting. Emmaus: J.G. Press, n.1, p.48-51, 1990.

HIGMAN, C. Gasification. In: MILLER, B.; TILLMAN, D. **Combustion engineering issues for solid fuel systems**. Easton: Academic Press, 2008. cap. 11, p. 528

HUANG, G. F.; WONG, J. W. C.; WU, Q.T.; NAGAR, B. B. Effect of C/N on composting of pig manure with saw dust. **Waste Management**, v.24, p.805-813, 2004.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 156p., 2009.

IQBAL, M. K.; SHAFIQ, T.; AHMED, K. Characterization of bulking agents and its effects on physical properties of compost. **Bioresource Technology**, v.101, p.1913-1919, 2010.

JARVENPAA, H. M.; MAKINEN, S. J.; SEPPANEN, M. Patent and publishing activity sequence over a technology's life cycle. **Technological Forecasting & Social Change**, v.78, p.289-293, 2011.

JORGE, L. H. A.; OMENA, E. **Biodigestor**. Dossiê Técnico. SENAI/AM - Escola SENAI Antônio Simões. Março, 2012.

Jucá, José Fernando & Lima, José & Lima, Danuza & Mariano, Maria & Lucena, Luciana & Firmo, Alessandra. **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Recife: Ccs Gráfica e Editora, 2014. Disponível em: DOI 10.13140/2.1.3547.8082. Acesso em: 12 set 2021

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda. Piracicaba, p. 492, 1985.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: E. J. Kiehl, 1998.

KNÄPPER, C., FREITAS, A., LUCIANO, H. **Vermicompostagem: raspas, aparas e lodos de curtume transformam-se em composto orgânico nobre**. In: Estudos Leopoldenses. São Leopoldo, R.S.: UNISINOS, n. 27, p.20-22, 1990.

KUFPEL D.; TIGRE P.B. Modelo SENAI de Prospecção: Documento Metodológico. Capítulo 2: Prospecção Tecnológica. In: Organización Internacional Del Trabajo CINTERFOR. Papeles de La Oficina Técnica, n.14, **Montevideo: OIT/CINTERFOR**; 2004.

KUMAR, M.; OU, Y-L.; LIN, J-G. Co-composting of green waste and food waste at low C/N ratio. **Waste Management**, v.30, n.4, p.602-609, 2010a.

KUMAR, S. Waste management. **Published by In Tech**. Croatia, 2010.

KUMAR, A.; SAMADDER, SR. A review on technological options of waste to energy for effective management of municipal solid waste. **Waste Management**, v.69, p.407-422, 2017.

LACERDA, R. T. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 1, p. 59-78, 2012.

LEMONS, L. A. R. **Instalação e processo de incineração de lixo e resíduos para moldagem de componentes de construção civil**. Titular: Luiz Antônio Rodrigues Lemos. Procurador: Custodio de Almeida & CIA. BR 10 2018 068742 5. Depósito: 14 set. 2018. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1487446&SearchParameter=INCINERA%C7%C3O%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

LOPES, A. A. **Estudo da gestão e do gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos no município de São Carlos (SP)**. Dissertação de mestrado. São Carlos, 2003.

LOPES FILHO, G. N. **Processo de desnitrificação biológica por digestão anaeróbia em um sistema de remoção de contaminantes dissolvidos e/ou suspensos em águas naturais ou residuais**. Depositante: Symbiosis ser. de intermediação de patentes de soluções ambientais Ltda. Procurador: Martinez & Moura Barreto S/S Ltda. PI 0805413-4. Depósito: 30 dez. 2008. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=786845&SearchParameter=DIGEST%C3O%20ANAER%D3BIA%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

LORA, E. E. S. et al. **Biocombustíveis: Gaseificação e pirólise para a conversão de biomassa em eletricidade e biocombustíveis**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.

MANILAL, V. B. **Um sistema de digestão anaeróbia melhorado para resíduos orgânicos domésticos**. Depositante: Council of scientific & industrial research. Procurador: Flávia Salim Lopes. BR 11 2014 023150 8. Depósito: 11 mar. 2013. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/ImagemDocumentoPdfController?CodDiretoria=200&NumerolD=22b01c35e4be1b5821d33bd2354bdc79cbe52c3f1c6f9c63a59493c57b5326ff&certificado=undefined&numeroProcesso=&ipasDoc=undefined&codPedido=994381>. Acesso em: 20 jan. 2022.

MARSHALL, A. S. Commercial Application of Pyrolysis Technology in Agriculture. **ASABE Annual International Meeting**, 2013.

MARTINHO, M. da G. M; GONÇALVES, M. G. P. **Gestão de Resíduos**. Universidade Aberta, p. 261, 2000.

MELLO, F.A.F., BRASIL SOBRINHO, M.O.C., ARZOLLA, S., SILVEIRA, R.J., COBRA NETTO, A., KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, p. 400, 1989.

MODESTO FILHO, P. Reciclagem da matéria orgânica através da vermicompostagem. IN: TEIXEIRA, B. A. N.; TEIXEIRA, E. N.; BIDONE F. R.; GOMES, L. P; ZANIN, M.; SAT, M; MODESTO, P. F.; ZEILHOFER, P.; SCHALCH, V. Metodologia e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, RJ: ABES, p.65, 1999.

MOHAN, D., PITTMAN, C. U., & STEELE, P. H. Pyrolysis of Wood/Biomass for Biooil: A Critical Review. **Energy & Fuels**, v. 20, n. 3, p. 848–889, 2006.

MONTEIRO, José H. P. et al. **Manual Integrado de Gerenciamento de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 197 p.

MONTEIRO, T. C. N. (Coord.). **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Municipais e Impacto Ambiental**: Guia para Preparação, Avaliação e Gestão de Projetos de Resíduos Sólidos Residenciais. Rio de Janeiro: FIOCURZ, 2001.

MRAVCAK, V. **Sistema de incineração**. Depositante: Atlantis research labs inc. Procurador: Dannemann, Sliemsen, Bigler & Ipanema Moreira. BR 11 2018 069039 2. Depósito: 21 mar. 2017. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&Codigo=1487865&SearchParameter=INCINERA%C7%C3O%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

NEUHAUSER, E.F., HA1RTENSTEIN R., KAPLAN, D.L. **Growth of the earthworm Eisenia foetida in relation to population density and food rationing**, Oikos, Copenhagen, v. 35, p.93-98. 1980.

OECD. FINEP. **Manual de Oslo**: Diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3.ed. [S.l]: OECD.FINEP, 2005.

OLIVEIRA, M. M. de. **Estudo da inclusão de compartimentos em biodigestores modelo canadense**. 2012. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS.

OLIVEIRA, W. C. **Biorreator controlado por Arduino para a compostagem de resíduos sólidos orgânicos**. Depositante: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. BR 20 2017 015395 4. Depósito: 18 jul. 2017. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&Codigo=1424514&SearchParameter=COMPOSTAGEM%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

ONU. Organização das Nações Unidas. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais, Divisão de Populacional (2017). **Perspectivas da População Mundial: A Revisão 2017, Volume II: Perfis Demográficos**. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2017/06/1589091-populacao-mundial-atingiu-76-bilhoes-de-habitantes>. Acesso em: 12 set. 2021.

PARRA, Rogério et al. **Acondicionamento e coleta de lixo**. In: D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero de; VILHENA, André. Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), p. 45-77, 2000.

PATHMA, J.; SAKTHIVEL, N. Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. **SpringerPlus**, v. 1, n. 1, p. 26, 2012.

PEREIRA NETO, J. T.; STENTIFORD, E.I.; MARA D.D. Comparative survival of atohogenic indicators in windrow and static pile. In: DE BERTOLDI, M. et al. (Ed.). Compost: production, quality and use. Udine: **Elsevier Applied Science**, 1986.

PEREIRA NETO, J. T., LELIS, M. de P. N. A contaminação biológica na compostagem. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGEHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Anais [...]** João pessoa/ABES, 2001.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. 1. ed. Viçosa: UFV, 81p., 2007.

Pesquisadores do FADE/BNDES Produto 7: **Relatório final de avaliação técnica, econômica e ambiental das técnicas de tratamento e destinação final dos resíduos**. Projeto de Pesquisa Científica (2013).

PETRIKOVSKI, N. **Revolvedor de cama de compostagem**. Depositante: Solumont indústria e comercio agrícola EIRELI. Procurador: Stock marcas e patentes ltda - me. BR 10 2020 003417 0. Depósito: 18 fev. 2020. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1559039&SearchParameter=COMPOSTAGEM%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

PINTO, J. A. N. **Reator para digestão anaeróbia**. Depositante: José Antonio do Nascimento Pinto. PI 8204452-0. Depósito: 29 jul. 1982. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/ImagemDocumentoPdfController?CodDiretoria=200&NumerolD=9e9503448f9a823bacdd0efc4b48eeff1cefdae61f6cd94634690c98a41d7948&certificado=undefined&numeroProcesso=&ipasDoc=undefined&codPedido=337324>. Acesso em: 20 jan. 2022.

PORTER, A. et al. Technology futures analysis: toward integration of the field and new methods. **Technological Forecasting & Social Changes**, v.71, n.3, p.287-303, mar. 2004.

PRITCHARD, R. D. Equity theory: A review and critique. **Organizational Behavior and Human Performance**, v. 4, i. 2, p. 176-211, 1969.

RADA, E. C.; RAGAZZI, M. RDF/SRF evolution in the MSW sector: coexistence of BMT and selective collection. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, v. 10, n. 1, p. 109–119, 2015.

RAYNE, A. C. O. **Vermicultura e vermicompostagem no tratamento biológico orgânico do lixo urbano nas usinas de reciclagem de resíduos sólidos**. Depositante: Antonio Cesar Oliveira Rayne. PI 9703658-7. Depósito: 16 jun. 1997. Disponível em:

<https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=491946&SearchParameter=VERMICOMPOSTAGEM%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

ReCESA. **Gestão integrada de resíduos sólidos: resíduos sólidos: guia do profissional em treinamento: nível 1 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.)**. Belo Horizonte: **ReCESA**, 2010.

REDDY, P. J. **Municipal solid waste management: processing, energy recovery, global examples**. BS Publications, India, 2011.

REED, Thomas B.; DAS, Agua. **Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems**. USA: **Solar Energy Research Institute**, 1981.

RELA, A. **Resina para aplicação em papel cartão e caixa resinada com calço para acondicionamento e incineração de carvão vegetal, briquetes e lenha**. Depositante: Alexandre Relá. Procurador: Vilage marcas e patentes Ltda. BR 13 2020 004726 3. Depósito: 9 mar. 2020. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1563603&SearchParameter=INCINERA%C7%C3O%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

REINECKE, A.J., VENTER, J.N. Moisture preferences, growth and reproduction of the compost worm *Eisenia foetida* (oligochaeta). **Bio. Fert. Soils**, Oxford, v.3, p.135-141, 1987.

REIS, M. F. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. 239 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

RICHARD, T. L.; HAMELERS, H. V. M.; VEEKEN, A.; SILVA, T. **Moisture relationship in composting process**. **Compost Science and Utilization**, v.10, n.4, p.286–302, 2002.

ROCHA, E. A. **Processo de compostagem de materiais orgânicos**. Depositante: Adu-bio nutrição vegetal eireli me. Procurador: Wagner José Fafá Borges. BR 10 2018 004562 8. Depósito: 7 mar. 2018. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1469720&SearchParameter=COMPOSTAGEM%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. São Paulo: Roca, 1996.

RUSSO M.A.T. **Tratamento de Resíduos Sólidos**. Universidade de Coimbra - Faculdade de Ciências e Tecnologia/ Departamento de Engenharia Civil, 2003.

SANCHEZ, J. J. S. **Sistema de uso de energia por biomassa, combustão espontânea e incineração de resíduos**. Depositante: Jose Javier Sanchez Sanchez. Procurador: Vilelacoelho sociedade de advogaods. BR 10 2014 010534 4. Depósito: 30 abr. 2014. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=>

dido=976934&SearchParameter=INCINERA%C7%C3O%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=. Acesso em: 20 jan. 2022.

SARTORI, H. J. F. **Análise de substratos e parâmetros de controle para a vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos.** 1998. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos 1998.

SCHMIDT, F. **Processo para a fabricação de silicatos de metal cristalinos porosos pulverulentos que emprega pirólise de aspersão por chama.** Depositante: Evonik operations gmbh. Procurador: Clarke, Modet propriedade intelectual Ltda. BR 11 2021 005377 8. Depósito: 16 set. 2019. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&Codigo=1606812&SearchParameter=PIR%D3LISE%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SFORZA, A. C. **Dispositivo de gaseificação por reação de vapor-carbono que utiliza o calor dos gases de exaustão como ignição na combustão de carvão para iniciação da energia da energia de ativação, gerando combustível suplementar a bordo de veículos.** Depositante: Antonio Carlos Sforza. BR 10 2017 004407 6. Depósito: 6 mar. 2017. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&Codigo=1411900&SearchParameter=GASEIFICA%C7%C3O%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SHADLE, L. J.; BREAUULT, R. W. **Integrated gasification combined cycle (IGCC).** In: SHADLE, L. J.; BREAUULT, R. W. Handbook of climate change mitigation. Nova Iorque: Springer, 2012. v. 1.

SHARMA, V. K.; CANDITTELI, M.; FORTUNA F.; CONACCHIA. Processing of Urban and Agro-Industrial Residues by aerobic composting. Review in: **Energy Conversion and Management**, Inglaterra, V. 38, n. 5, p. 453-478, 1997.

SHUMPETER, Joseph A. Capitalismo, socialismo e democracia. Rio de Janeiro: **Fundo de Cultura**, 1961.

SILVA NETO, J. V. **Processo para produção de bioenergia e biofertilizantes através de digestão anaeróbia e de cultivo de algas utilizando subprodutos agroindustriais.** Depositante: Jorge Vinicius da Silva Neto. BR 13 2014 025044 0. Depósito: 7 out. 2014. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&Codigo=1359735&SearchParameter=DIGEST%C3O%20ANAER%D3BIA%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SIVIERO, M. A. **Componentes e sistema de produção de carvão vegetal e alcatrão a partir da gaseificação de resíduos florestais e pirólise lenta de madeira.** Depositante: Agust Sales. BR 10 2020 012046 8. Depósito: 15 jun. 2020. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&Codigo=1579733&SearchParameter=GASEIFICA%C7%C3O%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SOUZA, C. C. **Singaseificador em leito fixo descendente, vedado inferiormente, mas com acesso superior, contendo tubo injetor central, escamoteável, de matérias primas secas e de comburentes até a câmara exclusiva e inferior de pré-pirólise semifluida e incandescente ainda no tubo desta cesta de pirólise flamejante, vibrável e abaixo do tubo, tudo para produção rápida e turbilhonada de singás rico em H₂ para diversos usos.** Depositante: Climaco Cezar de Souza. BR 10 2019 022618 8. Depósito: 29 out. 2019. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1526728&SearchParameter=PIR%D3LISE%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SOUZA, M.T.S.; RIBEIRO, H.C.M. Sustentabilidade ambiental: uma meta - análise da produção brasileira em periódicos de administração. **Revista de Administração contemporânea**, v.17, n.3, p.368 - 396, 2013.

SOUZA, V. P. **Processo de gaseificação catalítica, catalisador, uso do catalisador e processo para a preparação do catalisador.** Depositante: Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS. Procurador: Francisco Carlos Rodrigues Silva. BR 10 2019 024932 3. Depósito: 26 nov. 2019. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1530472&SearchParameter=GASEIFICA%C7%C3O%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SOUZA, W. O. **Processo de compostagem ultrarrápido e respectivo produto final obtido.** Depositante: Darvida e indústria e comércio de insumos especiais Ltda. Procurador: Pezzuol & Associados Marcas e Patentes Ltda. BR 10 2017 010980 1. Depósito: 24 mai. 2017. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1419161&SearchParameter=COMPOSTAGEM%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

STEWART, C. R.; LEMIEUX, P. M.; ZINN, B. T. Application of pulse combustion to solid and hazardous waste incineration. **Combustion Science and Technology**, v.94, n.1-6, p.427- 446, 1993.

SUTHAR, S. Vermistabilization of municipal sewage sludge amended with sugarcane trash using epigeic *Eisenia fetida* (Oligochaeta). **Journal of Hazardous Materials**, v.163, p.199-206, 2009.

SUTHAR, S. Pilot-scale vermireactors for sewage sludge stabilization and metal remediation process: Comparison with small-scale vermireactors. **Ecological Engineering**, v.36, p.703-712, 2010a.

TARRENTO, G. E.; MARTINES, J. C. Análise da implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa. In: SIMPEP, 13. 2006. **Anais [...]**. Bauru.

TAKHIM, M. **Método para recuperação de cinzas proveniente da incineração de resíduos.** Depositante: Ecophos S.A. Procurador: Maria Pia Carvalho Guerra. BR 11 2016 013911 9. Depósito: 19 dez. 2014. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=>

dido=1384842&SearchParameter=INCINERA%C7%C3O%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=. Acesso em: 20 jan. 2022.

TEXEIRA, B. A. N.; TEXEIRA, E. N.; BIDONE, F. R.; GOMES L. P.; ZANIN, M.; SAT, M.; MODESTO. P.; ZEILHOFER P.; SCHALCH, V. Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: **ABES**, 1999.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S.A. **Integrated Solid Waste Management: Engineering P11111** rinciple and Management Issue. McGraw Hill Inc., New York, 1993.

TORRES, A.; PEDROSA, J. F.; MOURA, J. P. Educação Ambiental em Ação. **Revista EA**, 2012.

TUOMELA, M.; VIKMAN, M.; HATAKKA, A.; ITÄVAARA, M. Biodegradation of lignin in a compost: a review. **Bioresource Technology**, v.72, p.169-183, 2000.

VIG, A. P.; SINGH, J.; WANI, S. H.; DHALIWAL, S. S. Vermicomposting of tannery sludge mixed with cattle dung into valuable manure using earthworm *Eisenia foetida* (Savigny). **Bioresource Technology**, v.102, p.7941-7945, 2011.

VERGNOUX, A.; GUILIANO, M.; LE DRÉAU, Y.; KISTER, J.; DUPUY, N.; DOUMENQ, P. Monitoring of the evolution of an industrial compost and prediction of some compost properties by NIR spectroscopy. **Science of the Total Environment**, v. 407, p.2390-2403, 2009.

VERMA, S. **Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes**. Departament of Earth & enviromental engineering. Columbia University, 2002.

VOLMEIR, T. **Design e planejamento de plantas de tratamento térmico de resíduos urbanos**. Berna, 2011.

WEGNER, A. **Reator e método para a gaseificação e/ou fusão de materiais de alimentação e uso de um reator para a gaseificação e/ou fusão de materiais de alimentação**. Depositante: KBI invest & Management ag. Procurador: Ricci & Associados propriedade intelectual S/S Ltda. BR 11 2021 010387 2. Depósito: 27 nov. 2019. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1613254&SearchParameter=GASEIFICA%C7%C3O%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 jan. 2022.

WHITING, K; WOOD, S., FANNING, M., & VENN, M. **Review of state-of-the-art wasteto-energy technologies**. Report, WSP Environmental Limited, London, UK, 2013.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. D. Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v.1, n.12, 2000.

YOUNG, C. G. Municipal solid waste to energy conversion processes: economic, technical, and renewable comparisons. United States of America: **Wiley**, 1943.

ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. **Bioresource Technology**, v.98, p.9-13, 2007.

APÊNDICE A - Portfólio bibliográfico

Tecnologia	Título	Autor (es)	Instituição	Tipo	Ano
Aterro sanitário	Gestão integrada de resíduos sólidos: resíduos sólidos: guia do profissional em treinamento: nível 1	Lange, L. R., Lima, W. S., Amaral, C. S., Fazzi, I. O.	ReCESA	Livro	2010
Aterro sanitário	Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão	Jucá, J. F., Lima, J., Lima, D., Mariano, M., Lucena, L., Firmo	FADE/ UFPE	Pesquisa Científica	2013
Compostagem	Biological processing: composting and hydrolysis	Golueke, C. G.	Solid Waste Management	Análise	1977
Compostagem	Particle size and the physical properties of growing media for containers	Handreck, K. A.	Communications in Soil Science and Plant Analysis	Análise	1983
Compostagem	Comparative survival of athogenic indicators in windrow and static pile	Pereira Neto, J. T., J. T.; Stentiford, E.I.; Mara D.D.	Elsevier Applied Science	Análise	1986
Compostagem	Application of natural zeolites for the reduction of ammonia emissions during the composting of organic wastes in a composting simulator	Bernal, M. P., Lopez-Real, J. M., Scott, K. M.	Bioresource Technology	Análise	1993
Compostagem	Estudo e avaliação de quatro modos de aeração para sistemas de compostagem em leiras	Azevedo, M. A	UFMG	Dissertação	1993
Compostagem	Carbon and nitrogen transformation during composting of sweet sorghum bagasse	Bernal, M. P., Navaro, A. F., Roig, A., Cegarra, J., Garcia, D.	Biology and Fertility Soils	Análise	1996
Compostagem	Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting	Sharma, V. K., Canditteli, M.; Fortuna, F.	Energy Conversion and Management	Análise	1997
Compostagem	Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto	Kiehl, E. J.	USP	Livro	1998
Compostagem	Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos	Teixeira, B. A. N., Teixera, E. N., Bidone, F. R., Gomes L. P.,	ABES/Projeto PROSAB	Livro	1999

		Zanin, M.; Sat, M., Modesto. P.; Zeilhofer P.; Schalch, V.			
Compostagem	Conceitos básicos de resíduos sólidos	Bidone, F.R.A, Pivonelli, J.	EDUSP	Livro	1999
Compostagem	Manual prático para a compostagem de biossólidos	Fernandes, F., Silva, S. M. C. P.	ABES	Livro	1999
Compostagem	Biodegradation of lignin in a compost: a review	Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka, A., Itavaara, M.	Bioresource Technology	Análise	2000
Compostagem	Moisture relationship in composting process	Richard, T. L., Hamelers, H. V. M., Veeken, A., Silva, T.	Compost Science and Utilization	Análise	2002
Compostagem	Tratamento de resíduos sólidos	Russo, M. A. T.	Universidade de Coimbra	Livro	2003
Compostagem	Effect of C/N on composting of pig manure with saw dust	Huang, G. F., Wong, J. W. C., Wu, Q.T., Nagar, B. B.	Waste Management	Análise	2004
Compostagem	Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos	Reis, M. F.	UFRGS	Tese	2005
Compostagem	Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability	Benito, M. A., Masaguer, A., Moliner, R. de A.	Bioresource Technology	Análise	2006
Compostagem	Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw	Zhu, N.	Bioresource Technology	Análise	2007
Compostagem	Gaseificação de biomassa: uma análise teórica e experimental	Andrade, R. V.	UNIFEI	Tese	2007
Compostagem	Manual de compostagem: processo de baixo custo	Pereira Neto, J. T.	UFV	Livro	2007
Compostagem	Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review	Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., Moral, R.	Bioresource Technology	Análise	2009
Compostagem	The use of composting for the treatment of animal by-products: experiments at lab scale	Barrera, R., Artola, A., Vázquez, F., Sánchez, A.	Journal of Hazardous Materials	Análise	2009
Compostagem	Monitoring of the evolution of an industrial compost and prediction of some compost properties by NIR spectroscopy	Vergnoux, A., Guiliano, M., Le Dréau, Y., Kister, J., Dupuy, N., Doumenq, P.	Science of The Total Environment	Análise	2009

Compostagem	Compostagem: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos	Inácio, C. T., Miller, P. R. M.	Embrapa Solos	Livro	2009
Compostagem	Waste management	Kumar, S.	In Tech	Livro	2010
Compostagem	Characterization of bulking agents and its effects on physical properties of compost	Iqbal, M. K., Shafiq, T., Ahmed, K.	Bioresource Technology	Análise	2010
Compostagem	Influence of bulking agents on organic matter evolution during sewage sludge composting; consequences on compost organic matter stability and N availability	Doublet, J., Francou, C., Poitrenaud, M., Houot, S.	Bioresource Technology	Análise	2011
Compostagem	The maturity tests during the composting of municipal solid wastes	Fourti, O.	Resources, Conservation and Recycling	Análise	2013
Digestão anaeróbia	Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes	Verma, S.	Columbia University	Tese	2002
Digestão anaeróbia	Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para zona rural	Barrera, P.	Ícone Editora	Livro	2003
Digestão anaeróbia	Análise da implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa	Tarrento, G. E., Martines, J. C.	Revista EA	Artigo	2006
Digestão anaeróbia	Educação ambiental em ação	Torres, A., Pedrosa, J. F., Moura, J. P.	Revista EA	Artigo	2012
Digestão anaeróbia	Biodigestor	Jorge, L. H. A., Omena, E.	SENAI/AM	Comunicado Técnico	2012
Digestão anaeróbia	Estudo da inclusão de compartimentos em biodigestores modelo canadense	Oliveira, M. M. de	UFSM	Dissertação	2012
Digestão anaeróbia	Biodigestores: seus modelos e aplicações	Frigo, K. D. A., Feiden, A., Galant, N. B., Santos, R. F., Mari, A. G., Frigo, E. P.	Acta Iguazu	Artigo	2015

Digestão anaeróbia	A review on current aspects and diverse prospects for enhancing biogas production in sustainable means	Divya, D., Gopinath, L. R., Christy, P. M.	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Análise	2015
Digestão anaeróbia	Fundamentos do biogás: conceitos básicos e digestão anaeróbia	GEF Biogás Brasil	CIBiogas	Livro	2020
Gaseificação	Handbook of biomass downdraft gasifier engine systems	Reed, Thomas B., Das, Agua.	Solar Energy Research Institute	Livro	1981
Gaseificação	Gaseificação de biomassa: uma análise teórica e experimental	Andrade, R. V.	UNIFEI	Tese	2007
Gaseificação	Gasification	Higman, C.	Academic Press	Livro	2008
Gaseificação	Estudo do estado da arte e análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de e energia elétrica no estado de Minas Gerais	Fundação Estadual do Meio Ambiente	Fundação Estadual do Meio Ambiente	Artigo	2010
Gaseificação	Coal gasification and its applications	Bell, D. A., Towner, B. F., Fan, M.	Elsevier	Livro	2011
Gaseificação	Biocombustíveis: gaseificação e pirólise para a conversão de biomassa em eletricidade e biocombustíveis	Lora, E., E. Silva, <i>et al.</i>	Interciência	Livro	2012
Gaseificação	Integrated gasification combined cycle (IGCC)	Shadle, L. J., Breault, R. W.	Springer	Análise	2012
Gaseificação	Review of state-of-the-art waste to-energy technologies	Whiting, K; Wood, S., Fanning, M., & Venn, M.	WSP Environmental Limited	Análise	2013
Gaseificação	Major gasifiers for IGCC systems	Gray, D.	Woodhead Publishing	Livro	2017
Gaseificação	IGCC With carbon capture and storage	Cormos, C. C.	Elsevier	Livro	2017
Incineração	Application of pulse combustion to solid and hazardous waste incineration	Stewart, C. R., Lemieux, P. M.; Zinn, B. T.	Combustion Science and Technology	Análise	1993
Incineração	Estudo do estado da arte e análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental da	Fundação Estadual do Meio Ambiente	Fundação Estadual do Meio Ambiente	Artigo	2010

	implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de e energia elétrica no estado de Minas Gerais				
Incineração	Waste management	Kumar, S.	In Tech	Livro	2010
Incineração	Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão	Jucá, J. F., Lima, J., Lima, D., Mariano, M., Lucena, L., Firmo	FADE/UFPE	Pesquisa Científica	2014
Incineração	RDF/SRF evolution in the MSW sector: coexistence of BMT and selective collection	Rada, E. C., Ragazzi, M.	International Journal of Sustainable Development and Planning	Análise	2015
Pirólise	Municipal solid waste to energy conversion processes: economic, technical, and renewable comparisons	Young, C. Gary	Wiley	Livro	1943
Pirólise	Pyrolysis of wood/biomass for biooil: a critical review	Mohan, D., Pittman, C. U., Steele, P. H.	Energy & Fuels	Análise	2006
Pirólise	Fast pyrolysis of biomass - a handbook	Bridgwater, A. <i>et al</i>	CPL Scientific Publishing Services Limited	Livro	2008
Pirólise	Effect of hydrothermal pretreatment on properties of bio-oil produced from fast pyrolysis of eucalyptus wood in a fluidized bed reactor	Chang, S. <i>et al</i>	Bioresource Technology	Análise	2013
Pirólise	Commercial application of pyrolysis technology in agriculture	Marshall, A. S.	ASABE	Análise	2013
Plasma	Estudo do estado da arte e análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de e energia elétrica no estado de Minas Gerais	Fundação Estadual do Meio Ambiente	Fundação Estadual do Meio Ambiente	Artigo	2010

Plasma	Waste management	Kumar, S.	In Tech	Livro	2010
Plasma	Municipal solid waste management: processing, energy recovery, global examples	Reddy, P. J.	BS Publications	Livro	2011
Vermicompostagem	Growth of the earthworm <i>Eisenia foetida</i> in relation to population density and food rationing	Neuhauser, E.F., Hartenstein R., Kaplan, D.L.	Oikos	Livro	1980
Vermicompostagem	Fertilizantes orgânicos	Kiehl, E. J.	Editora Agronômica Ceres Ltda.	Livro	1985
Vermicompostagem	Moisture preferences, growth and reproduction of the compost worm <i>Eisenia foetida</i> (oligochaeta)	Reinecke, A.J., Venter, J.N.	Biology and Fertility of Soils	Análise	1987
Vermicompostagem	Utilização das minhocas na produção de composto orgânico	CETESB	CETESB	Comunicado Técnico	1987
Vermicompostagem	Fertilidade do solo	Mello, F.A.F., Brasil Sobrinho, M.O.C., Arzolla, S., Silveira, R.J., Cobra Netto, A., Kiehl, J.C.	Nobel	Livro	1989
Vermicompostagem	Vermicompostagem: raspas, aparas e lodos de curtume transformam-se em composto orgânico nobre	Knapper, C., Freitas, A., Luciano, H.	UNISINOS	Artigo	1990
Vermicompostagem	Vermicomposting in a rural community	Harris, G.D., Plantt, W.L., Proce, B.C.	Biocycle	Análise	1990
Vermicompostagem	Utilização de minhocas na estabilização de resíduos	Aquino, A.M, Almeida, D.L., Silva, V.F.	Embrapa	Comunicado técnico	1992
Vermicompostagem	Historical overview of vermicomposting	Edwards, C. A.	Biocycle	Análise	1995
Vermicompostagem	Zoologia dos invertebrados	Ruppert, E. E., Barnes, R. D.	Roca	Livro	1996
Vermicompostagem	Análise de substratos e parâmetros de controle para a vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos	Sartori, H.J.F.	USP	Tese	1998
Vermicompostagem	Conceitos básicos de resíduos sólidos	Bidone, F.R.A, Pivonelli, J.	EDUSP	Livro	1999

Vermicompostagem	Vermistabilization of municipal sewage sludge amended with sugarcane trash using epigeic <i>Eisenia fetida</i> (<i>Oligochaeta</i>)	Suthar, S.	Journal of Hazardous Materials	Análise	2009
Vermicompostagem	Pilot-scale vermireactors for sewage sludge stabilization and metal remediation process: comparison with small-scale vermireactors	Suthar, S.	Ecological Engineering	Análise	2010
Vermicompostagem	Relationships between composting and vermicomposting: relative values of the products	Domínguez, J., Edwards, C. A.	CRC Press Boca Raton	Análise	2010
Vermicompostagem	Vermicomposting of tannery sludge mixed with cattle dung into valuable manure using earthworm <i>Eisenia foetida</i> (Savigny)	Vig, A. P., Singh, J., Wani, S. H., Dhaliwal, S. S.	Bioresource Technology	Análise	2011
Vermicompostagem	Composting versus vermicomposting: a comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes.	Fornes, F., Mendoza-Hernández, D., García-de-la-Fuente, R.; Abad, M.; Belda, R. M.	Bioresource Technology	Análise	2012
Vermicompostagem	Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential	Pathma, J., Sakthivel, N.	SpringerPlus	Análise	2012

Tecnologia	Título	Autor (es)	Instituição	Tipo	Ano
Aterro sanitário	Gestão integrada de resíduos sólidos: resíduos sólidos: guia do profissional em treinamento: nível 1	Lange, L. R., Lima, W. S., Amaral, C. S., Fazzi, I. O.	ReCESA	Livro	2010
Aterro sanitário	Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão	Jucá, J. F., Lima, J., Lima, D., Mariano, M., Lucena, L., Firmo	FADE/ UFPE	Pesquisa Científica	2013
Compostagem	Biological processing: composting and hydrolysis	Golueke, C. G.	Solid Waste Management	Análise	1977
Compostagem	Particle size and the physical properties of growing media for containers	Handreck, K. A.	Communications in Soil Science and Plant Analysis	Análise	1983
Compostagem	Comparative survival of athogenic indicators in windrow and static pile	Pereira Neto, J. T., J. T.; Stentiford, E.I.; Mara D.D.	Elsevier Applied Science	Análise	1986
Compostagem	Application of natural zeolites for the reduction of ammonia emissions during the composting of organic wastes in a composting simulator	Bernal, M. P., Lopez-Real, J. M., Scott, K. M.	Bioresource Technology	Análise	1993
Compostagem	Estudo e avaliação de quatro modos de aeração para sistemas de compostagem em leiras	Azevedo, M. A	UFMG	Dissertação	1993
Compostagem	Carbon and nitrogen transformation during composting of sweet sorghum bagasse	Bernal, M. P., Navaro, A. F., Roig, A., Cegarra, J., Garcia, D.	Biology and Fertility Soils	Análise	1996
Compostagem	Processing of urban and agro-industrial residues by aerobic composting	Sharma, V. K., Canditteli, M.; Fortuna, F.	Energy Conversion and Management	Análise	1997
Compostagem	Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto	Kiehl, E. J.	USP	Livro	1998
Compostagem	Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos	Teixeira, B. A. N., Teixera, E. N., Bidone, F. R., Gomes L. P.,	ABES/Projeto PROSAB	Livro	1999

		Zanin, M.; Sat, M., Modesto. P.; Zeilhofer P.; Schalch, V.			
Compostagem	Conceitos básicos de resíduos sólidos	Bidone, F.R.A, Pivonelli, J.	EDUSP	Livro	1999
Compostagem	Manual prático para a compostagem de biossólidos	Fernandes, F., Silva, S. M. C. P.	ABES	Livro	1999
Compostagem	Biodegradation of lignin in a compost: a review	Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka, A., Itavaara, M.	Bioresource Technology	Análise	2000
Compostagem	Moisture relationship in composting process	Richard, T. L., Hamelers, H. V. M., Veecken, A., Silva, T.	Compost Science and Utilization	Análise	2002
Compostagem	Tratamento de resíduos sólidos	Russo, M. A. T.	Universidade de Coimbra	Livro	2003
Compostagem	Effect of C/N on composting of pig manure with saw dust	Huang, G. F., Wong, J. W. C., Wu, Q.T., Nagar, B. B.	Waste Management	Análise	2004
Compostagem	Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos	Reis, M. F.	UFRGS	Tese	2005
Compostagem	Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability	Benito, M. A., Masaguer, A., Moliner, R. de A.	Bioresource Technology	Análise	2006
Compostagem	Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw	Zhu, N.	Bioresource Technology	Análise	2007
Compostagem	Gaseificação de biomassa: uma análise teórica e experimental	Andrade, R. V.	UNIFEI	Tese	2007
Compostagem	Manual de compostagem: processo de baixo custo	Pereira Neto, J. T.	UFV	Livro	2007
Compostagem	Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review	Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., Moral, R.	Bioresource Technology	Análise	2009
Compostagem	The use of composting for the treatment of animal by-products: experiments at lab scale	Barrera, R., Artola, A., Vázquez, F., Sánchez, A.	Journal of Hazardous Materials	Análise	2009
Compostagem	Monitoring of the evolution of an industrial compost and prediction of some compost properties by NIR spectroscopy	Vergnoux, A., Guiliano, M., Le Dréau, Y., Kister, J., Dupuy, N., Doumenq, P.	Science of The Total Environment	Análise	2009

Compostagem	Compostagem: ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos	Inácio, C. T., Miller, P. R. M.	Embrapa Solos	Livro	2009
Compostagem	Waste management	Kumar, S.	In Tech	Livro	2010
Compostagem	Characterization of bulking agents and its effects on physical properties of compost	Iqbal, M. K., Shafiq, T., Ahmed, K.	Bioresource Technology	Análise	2010
Compostagem	Influence of bulking agents on organic matter evolution during sewage sludge composting; consequences on compost organic matter stability and N availability	Doublet, J., Francou, C., Poitrenaud, M., Houot, S.	Bioresource Technology	Análise	2011
Compostagem	The maturity tests during the composting of municipal solid wastes	Fourti, O.	Resources, Conservation and Recycling	Análise	2013
Digestão anaeróbia	Anaerobic digestion of biodegradable organics in municipal solid wastes	Verma, S.	Columbia University	Tese	2002
Digestão anaeróbia	Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para zona rural	Barrera, P.	Ícone Editora	Livro	2003
Digestão anaeróbia	Análise da implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa	Tarrento, G. E., Martines, J. C.	Revista EA	Artigo	2006
Digestão anaeróbia	Educação ambiental em ação	Torres, A., Pedrosa, J. F., Moura, J. P.	Revista EA	Artigo	2012
Digestão anaeróbia	Biodigestor	Jorge, L. H. A., Omena, E.	SENAI/AM	Comunicado Técnico	2012
Digestão anaeróbia	Estudo da inclusão de compartimentos em biodigestores modelo canadense	Oliveira, M. M. de	UFSM	Dissertação	2012
Digestão anaeróbia	Biodigestores: seus modelos e aplicações	Frigo, K. D. A., Feiden, A., Galant, N. B., Santos, R. F., Mari, A. G., Frigo, E. P.	Acta Iguazu	Artigo	2015

Digestão anaeróbia	A review on current aspects and diverse prospects for enhancing biogas production in sustainable means	Divya, D., Gopinath, L. R., Christy, P. M.	Renewable and Sustainable Energy Reviews	Análise	2015
Digestão anaeróbia	Fundamentos do biogás: conceitos básicos e digestão anaeróbia	GEF Biogás Brasil	CIBiogas	Livro	2020
Gaseificação	Handbook of biomass downdraft gasifier engine systems	Reed, Thomas B., Das, Agua.	Solar Energy Research Institute	Livro	1981
Gaseificação	Gaseificação de biomassa: uma análise teórica e experimental	Andrade, R. V.	UNIFEI	Tese	2007
Gaseificação	Gasification	Higman, C.	Academic Press	Livro	2008
Gaseificação	Estudo do estado da arte e análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de e energia elétrica no estado de Minas Gerais	Fundação Estadual do Meio Ambiente	Fundação Estadual do Meio Ambiente	Artigo	2010
Gaseificação	Coal gasification and its applications	Bell, D. A., Towner, B. F., Fan, M.	Elsevier	Livro	2011
Gaseificação	Biocombustíveis: gaseificação e pirólise para a conversão de biomassa em eletricidade e biocombustíveis	Lora, E., E. Silva, <i>et al.</i>	Interciência	Livro	2012
Gaseificação	Integrated gasification combined cycle (IGCC)	Shadle, L. J., Breault, R. W.	Springer	Análise	2012
Gaseificação	Review of state-of-the-art waste to-energy technologies	Whiting, K; Wood, S., Fanning, M., & Venn, M.	WSP Environmental Limited	Análise	2013
Gaseificação	Major gasifiers for IGCC systems	Gray, D.	Woodhead Publishing	Livro	2017
Gaseificação	IGCC With carbon capture and storage	Cormos, C. C.	Elsevier	Livro	2017
Incineração	Application of pulse combustion to solid and hazardous waste incineration	Stewart, C. R., Lemieux, P. M.; Zinn, B. T.	Combustion Science and Technology	Análise	1993
Incineração	Estudo do estado da arte e análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental da	Fundação Estadual do Meio Ambiente	Fundação Estadual do Meio Ambiente	Artigo	2010

	implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de e energia elétrica no estado de Minas Gerais				
Incineração	Waste management	Kumar, S.	In Tech	Livro	2010
Incineração	Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão	Jucá, J. F., Lima, J., Lima, D., Mariano, M., Lucena, L., Firmo	FADE/UFPE	Pesquisa Científica	2014
Incineração	RDF/SRF evolution in the MSW sector: coexistence of BMT and selective collection	Rada, E. C., Ragazzi, M.	International Journal of Sustainable Development and Planning	Análise	2015
Pirólise	Municipal solid waste to energy conversion processes: economic, technical, and renewable comparisons	Young, C. Gary	Wiley	Livro	1943
Pirólise	Pyrolysis of wood/biomass for biooil: a critical review	Mohan, D., Pittman, C. U., Steele, P. H.	Energy & Fuels	Análise	2006
Pirólise	Fast pyrolysis of biomass - a handbook	Bridgwater, A. <i>et al</i>	CPL Scientific Publishing Services Limited	Livro	2008
Pirólise	Effect of hydrothermal pretreatment on properties of bio-oil produced from fast pyrolysis of eucalyptus wood in a fluidized bed reactor	Chang, S. <i>et al</i>	Bioresource Technology	Análise	2013
Pirólise	Commercial application of pyrolysis technology in agriculture	Marshall, A. S.	ASABE	Análise	2013
Plasma	Estudo do estado da arte e análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de e energia elétrica no estado de Minas Gerais	Fundação Estadual do Meio Ambiente	Fundação Estadual do Meio Ambiente	Artigo	2010

Plasma	Waste management	Kumar, S.	In Tech	Livro	2010
Plasma	Municipal solid waste management: processing, energy recovery, global examples	Reddy, P. J.	BS Publications	Livro	2011
Vermicompostagem	Growth of the earthworm <i>Eisenia foetida</i> in relation to population density and food rationing	Neuhauser, E.F., Hartenstein R., Kaplan, D.L.	Oikos	Livro	1980
Vermicompostagem	Fertilizantes orgânicos	Kiehl, E. J.	Editora Agronômica Ceres Ltda.	Livro	1985
Vermicompostagem	Moisture preferences, growth and reproduction of the compost worm <i>Eisenia foetida</i> (oligochaeta)	Reinecke, A.J., Venter, J.N.	Biology and Fertility of Soils	Análise	1987
Vermicompostagem	Utilização das minhocas na produção de composto orgânico	CETESB	CETESB	Comunicado Técnico	1987
Vermicompostagem	Fertilidade do solo	Mello, F.A.F., Brasil Sobrinho, M.O.C., Arzolla, S., Silveira, R.J., Cobra Netto, A., Kiehl, J.C.	Nobel	Livro	1989
Vermicompostagem	Vermicompostagem: raspas, aparas e lodos de curtume transformam-se em composto orgânico nobre	Knapper, C., Freitas, A., Luciano, H.	UNISINOS	Artigo	1990
Vermicompostagem	Vermicomposting in a rural community	Harris, G.D., Plantt, W.L., Proce, B.C.	Biocycle	Análise	1990
Vermicompostagem	Utilização de minhocas na estabilização de resíduos	Aquino, A.M, Almeida, D.L., Silva, V.F.	Embrapa	Comunicado técnico	1992
Vermicompostagem	Historical overview of vermicomposting	Edwards, C. A.	Biocycle	Análise	1995
Vermicompostagem	Zoologia dos invertebrados	Ruppert, E. E., Barnes, R. D.	Roca	Livro	1996
Vermicompostagem	Análise de substratos e parâmetros de controle para a vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos	Sartori, H.J.F.	USP	Tese	1998
Vermicompostagem	Conceitos básicos de resíduos sólidos	Bidone, F.R.A, Pivonelli, J.	EDUSP	Livro	1999

Vermicompostagem	Vermistabilization of municipal sewage sludge amended with sugarcane trash using epigeic <i>Eisenia fetida</i> (Oligochaeta)	Suthar, S.	Journal of Hazardous Materials	Análise	2009
Vermicompostagem	Pilot-scale vermireactors for sewage sludge stabilization and metal remediation process: comparison with small-scale vermireactors	Suthar, S.	Ecological Engineering	Análise	2010
Vermicompostagem	Relationships between composting and vermicomposting: relative values of the products	Domínguez, J., Edwards, C. A.	CRC Press Boca Raton	Análise	2010
Vermicompostagem	Vermicomposting of tannery sludge mixed with cattle dung into valuable manure using earthworm <i>Eisenia foetida</i> (Savigny)	Vig, A. P., Singh, J., Wani, S. H., Dhaliwal, S. S.	Bioresource Technology	Análise	2011
Vermicompostagem	Composting versus vermicomposting: a comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes.	Fornes, F., Mendoza-Hernández, D., García-de-la-Fuente, R.; Abad, M.; Belda, R. M.	Bioresource Technology	Análise	2012
Vermicompostagem	Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential	Pathma, J., Sakthivel, N.	SpringerPlus	Análise	2012