

MAPEAMENTO TECNOLÓGICO EM BIOSSECADORES DE RESTOS ALIMENTARES PARA USO RESIDENCIAL

Lucas Campos B. dos Reis; Jacqueline R. Bringhenti
Mestrado em Tecnologias Sustentáveis Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, Brasil
lucascbreis@gmail.com

Resumo:

A Biossecagem é uma tecnologia de pré-tratamento utilizada para estabilizar parcialmente resíduos orgânicos reduzindo a sua massa e volume. Ela envolve a decomposição aeróbica dos materiais e a secagem da matéria orgânica. Apesar de ter sido desenvolvida nos anos 80, a cada ano o número de depósitos de patente vem aumentando ano após ano. Assim, para guiar o processo de desenvolvimento de novos produtos com essa finalidade este estudo objetivou mapear os sistemas mecânicos utilizados em biossecadores destinados ao pré-tratamento de resíduos alimentares em escala residencial. Foi realizada revisão bibliográfica sistematizada e busca sistematizada em bases de patentes para coleta de dados. Foram identificados cinco sistemas diferentes, dedicados à remoção de umidade, promoção de aeração, trituração, filtragem e automação. Esses sistemas são aplicados isoladamente ou em conjunto, e 24% delas possui todos os sistemas. O sistema de aquecimento é o mais encontrado estando presente em 72% dos dispositivos, e 76% deles está combinado com sistema de ventilação, 62% possuem sistema de revolvimento e 57% conta com triturador.

Palavras-chave: mapeamento tecnológico, biossecagem, biossecador.

1. Introdução

Os restos de alimentos ou resíduos alimentares (RA) são uma categoria de resíduos orgânicos (RO) originados de sobras de refeições e da preparação de alimentos em cozinhas de diversos portes, incluindo os restaurantes. Em 2022, foram gerados 1,05 bilhão de toneladas de resíduos alimentares representando quase um quinto de todos os alimentos produzidos. Deste total 60% foi gerado no âmbito doméstico. (FAO, 2024)

A composição destes resíduos é dependente de fatores culturais, sociais e econômicos, dentre outros. Sua heterogeneidade junto com sua alta umidade são críticos para a determinação da viabilidade das opções para sua destinação. Eles podem ser utilizados para compostagem, digestão anaeróbia, aproveitamento energético e dispostos em aterros (Xin et al, 2020).

Apesar de potencial para a transformação dos restos de cozinha em produtos com valor agregado, algumas de suas características como é o caso do teor elevado de umidade dificulta o seu processamento, além de aumentar os custos operacionais relacionados à coleta armazenamento e destinação final. Por esses motivos esses resíduos ainda são majoritariamente dispostos em aterros sanitários. (Xin et al, 2020; Abrema, 2023).

A Biossecagem é uma técnica eficiente e econômica para pré-tratar RO com alto teor de umidade, ela é uma tecnologia que começou a ser desenvolvida nos anos 80 com o objetivo de remover a água de resíduos orgânicos conservando seus nutrientes para posterior utilização. (Velis et al, 2009; Mohammed et al, 2017)

Os RA são responsáveis por até 10% das emissões globais de gases de efeito estufa (UNEP, 2024). A adoção de biossecadores residenciais contribui para a redução dessas emissões, melhorando a qualidade do ar nos centros urbanos e auxiliando no cumprimento de diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis; ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis; ODS 13 – Ação contra a Mudança Global do Clima; ODS 7 – Energia Limpa e Acessível; e ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável (FAO, 2024; ONU, 2024).

A Biossecagem é uma técnica eficiente e econômica para pré-tratar RO com alto teor de umidade, ela é uma tecnologia que começou a ser desenvolvida nos anos 80 com o objetivo de remover a água de resíduos orgânicos conservando seus nutrientes para posterior utilização. (Velis *et al*, 2009; Mohammed *et al*, 2017)

O uso desta tecnologia sustentável para tratar RO domésticos na fonte é uma solução promissora para o gerenciamento e tratamento de RA pois, devido às perdas de água, a biomassa resultante tem um maior valor calorífico com volume e massa reduzida o que facilita seu transporte e armazenagem a curto prazo, (Sotiropoulos *et al*, 2016; Ma *et al*, 2019).

Devido às características relatadas e o número de patentes depositadas demonstram o interesse crescente no desenvolvimento destes diapositivos. Por isso mapear os sistemas subsistemas e componentes (SSC) que são utilizados nestes aparatos pode basear o desenvolvimento de novos aparatos é importante a criação de um guia para seleção dos SSC.

2. Fundamentação teórica

Os RA gerados na alimentação e no preparo de alimentos no âmbito familiar são classificados com RSU orgânico e são compostos por vegetais, cascas de frutas, sementes, cascas, sobras de comida e carne, ossos quebrados, cascas de ovos e frutos do mar. Sua composição está relacionada aos hábitos alimentares dos consumidores, sua região e classe social. (FAO, 2024)

JICA 2013 classificou os RA em “preparados” e “não preparados”. Os primeiros são aproximadamente 14% do total e são representados por alimentos destinados ao consumo e restos que poderiam ter sido evitados. A categoria “não preparados” inclui a mistura de restos de alimentos não comestíveis e alimentos que não foram comidos e apodreceram.

A proporção de sólidos voláteis para sólidos totais nos RA varia entre de 80 a 97%, com presença de açúcares, proteínas, lipídios o que confere boa biodegradabilidade, porém esta característica faz com que este resíduo comece a produzir chorume e mal cheiro antes mesmo de ser coletado, além de atrair vetores impactando diretamente as condições sanitárias das instalações (Liu *et al*, 2023).

A legislação vigente determina que os RA devem ser destinados à reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético ou a disposição final em aterros (Brasil, 2010). A disposição final em aterros é a opção mais utilizada apesar de ocupar grandes áreas, de produzir chorume, emitir gases de efeito estufa, causando impactos no solo, lençóis freáticos e atmosfera (Gadaleta, 2024).

A alta salinidade dos RA restringem a sua utilização para produção de alimento animal, e até mesmo para a compostagem, que apesar de ser altamente recomendada para o tratamento destes resíduos, em alguns casos, pode ser necessário o emprego de tratamento prévio (Liu *et al*, 2023).

Eles contêm um teor de umidade entre 74 e 90% o que dificulta etapas de processamento como triagem e trituração, aumenta os custos logísticos e com manutenção de equipamentos,

restringe sua utilização para incineração (Thi *et al*, 2015; Sotiropoulos *et al*, 2016; Liu *et al*, 2023).

A utilização do RA para aproveitamento energético pode ser uma solução para o esgotamento gradual dos combustíveis fósseis, pois sua composição é semelhante à da biomassa. Para tanto são utilizadas técnicas de conversão termoquímica, como incineração, gaseificação, pirólise, para produção de calor, biocombustíveis, bio-óleo e outros produtos de valor agregado (Liu *et al*, 2023).

Na incineração ocorre a oxidação térmica dos RA para produção de calor, porém devido à umidade seu poder calorífico é baixo sendo tratados junto com outro resíduo. Apesar do alto custo de investimento esse tipo de usina é viável economicamente podendo tratar até 85% de todo resíduo sólido urbano. Porém vale ressaltar a liberação de toxinas no ar como metais pesados e dioxinas (Gadaleta, 2024).

As tecnologias de pirólise e gaseificação apesar de sua viabilidade são pouco utilizadas não só pela umidade, mas também pelo custo de operação. A pirólise ocorre sem a presença de oxigênio a temperaturas entre 300 e 700ºC, enquanto a gaseificação admite pequenas concentrações de oxigênio e opera entre 800 e 900ºC. Seus produtos são bio-óleo, biocarvão e gás de síntese (Raheem *et al*, 2018).

Para contornar o problema da umidade foi desenvolvida a tecnologia de carbonização hidrotérmica, onde a matéria orgânica é degradada termicamente em um meio aquoso, na faixa de temperatura de 180 a 350ºC e com pressão entre 10 e 40 bar. O resultado desse processo é biocarvão com propriedades semelhantes ao carvão mineral, mas apesar disso gera um resíduo líquido potencialmente tóxico e com elevado custo de implantação e operação. Porém apesar do seu elevado custos a utilização desse processo para o tratamento de RA é complexo devido à sua heterogeneidade podendo gerar um produto com degradação incompleta. (Gadaleta, 2024)

Outra solução adequada para remover a umidade dos RA aumentado a eficiência dos processos termoquímicos é realizar um pré-tratamento com biossecadores. Ela é uma tecnologia de pré-tratamento utilizada para estabilizar parcialmente resíduos orgânicos além de reduzir a sua massa e volume através da remoção de umidade pela aplicação de calor. Ela envolve a decomposição aeróbica dos materiais e a secagem da matéria orgânica por meio de aeração. A convecção do ar e a difusão molecular são os principais mecanismos de remoção de umidade (Velis *et al* 2009).

A biodegradação aeróbia é um processo exotérmico e um biossecador eficaz deve se valer disto para aproveitar o calor gerado para acelerar a desidratação dos resíduos, minimizando o consumo de energia. Apesar da energia liberada ser suficiente para a vaporização da água contida no resíduo, deve se considerar as perdas devido à convecção, irradiação, ao calor sensível, ventilação e emissão de lixiviados (Ma *et al*, 2018).

O processo de Biossecagem deve ser orientado para produção de biomassa de acordo com a destinação final planejada. Para produção de combustíveis e processos de incineração, o processo é focado em conservar os nutrientes e reduzir a umidade a valores abaixo de 40%. Já para compostagem a Biossecagem deve degradar ao máximo a matéria orgânica e manter sua umidade em torno de 60%. (Ma *et al*, 2018)

Plantas para a Biossecagem de RSU são encontradas na Europa principalmente na Itália e Alemanha, apesar de algumas operarem desde a década de 90, o pré-tratamento da fração orgânica de forma descentralizada pode representar redução de custos com coleta, armazenamento e transporte além de melhorar as condições sanitárias das unidades de processamento (Rezaei *et al* 2020).

Em estudo realizado na Grécia, Sotiropoulos (2019) demonstrou que a implantação de um sistema de gerenciamento dos RSU baseado na Biossecagem da fração orgânica à nível residencial reduziria os custos do serviço.

O sucesso do processo pode ser alcançado pelo design eficiente do reator e do condicionamento do material de entrada, aliados ao monitoramento e controle do processo. Os biossecadores podem ser projetados em sistemas fechados, abertos, e quando utilizam sistema de revolvimento são classificados em estáticos ou dinâmicos. O tipo selecionado irá impactar na capacidade de retenção de calor e no grau de compactação. (Velis *et al*, 2009).

Quadro 1: As escolhas típicas de projeto e operação segundo Velis *et al*, (2009)

Fator	Descrição
Condicionamento da matriz	Pré-processamento mecânico (cominuição/mistura) que afeta propriedades físicas da matriz, como a umidade, porosidade, tamanho de partícula e resistência ao fluxo de ar.
Tipo de contenção	São utilizados recipientes fechados, empilhamento, sistemas de túneis.
Aquecimento	Promove a remoção de água e favorece a atividade microbiana.
Aeração	Controle da taxa de fluxo de ar de entrada para remoção de vapor d'água e gases, e controle da temperatura do substrato e disponibilidade de oxigênio.
Revolvimento	Uso de reatores dinâmicos para homogeneização, como reatores de tambor rotativo, embora a maioria dos designs comerciais seja estática.

Fonte: Os autores

Para evitar o surgimento de mal cheiro, atração de vetores os biossecadores de uso doméstico são projetados em sistemas fechados. Esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de mapear quais mecanismos são utilizados para realizar o controle adequado do processo de biossecagem.

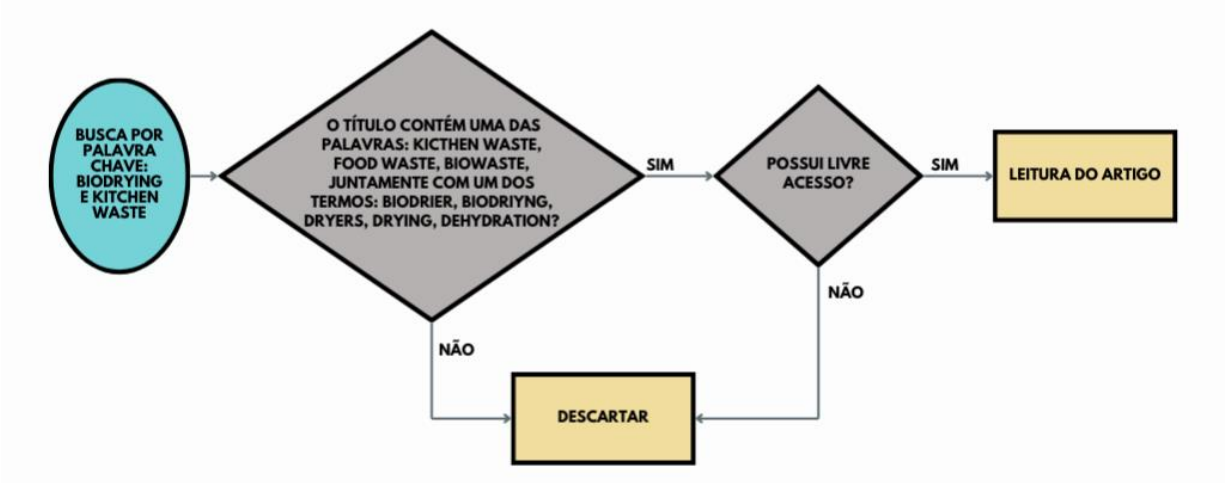
3. Metodologia

A metodologia deve apresentar as características da pesquisa, os procedimentos para a coleta de dados e a técnica de análise dos dados.

Foi realizada revisão bibliográfica sistematizada e busca sistematizada em bases de patentes para definir as premissas do projeto e identificar quais Sistemas, Subsistemas e Componentes (SSC) são utilizados em biossecadores domésticos.

Na revisão bibliográfica foram buscados artigos com as palavras *biodrying* e *kitchen waste* nos Periódicos da Capes e Google scholar. Dos resultados apresentados foi realizada a leitura do título. Foram selecionados os artigos que continham uma das palavras: *kitchen* waste, *food waste*, *biowaste*, juntamente com um dos termos: *biodrier*, *biodriyng*, *dryers*, *drying*, *dehydration*. Alguns dos artigos selecionados foram descartados por possuírem acesso pago.

Figura 1: Seleção dos Artigos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os termos *biodrying* e *kitchen waste* retornaram 8 artigos no portal capes, destes 7 passaram pelo filtro do título, porém nenhum deles possuía livre acesso.

No Google scholar a consulta resultou em 790 resultados. Dos cem primeiros artigos apresentados, somente 28 passaram pela leitura do título, e destes, 18 possuíam livre acesso. Vale ressaltar que todos os artigos selecionados se encontravam até o quadragésimo oitavo resultado, e a partir desta posição os temas se distanciaram do objeto deste trabalho.

Quadro 2: Quantidade de artigos selecionados

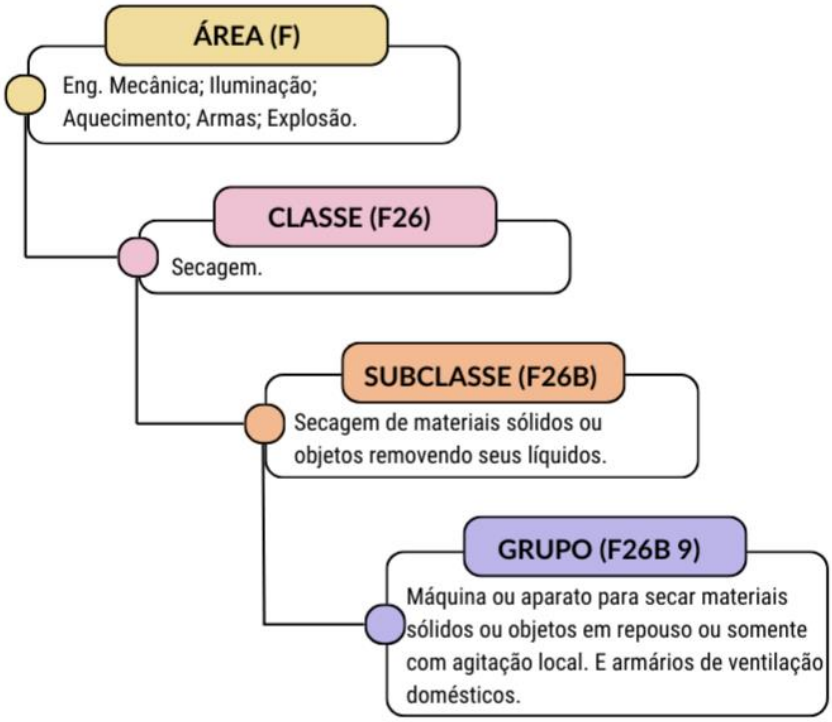
Portal	Filtro		
	Biodrying + Food waste	Leitura do título	Acesso livre
Capes	8	7	0
Google scholar	790	28	18

Fonte: Elaborado pelo autor.

A busca por patentes consistiu em consulta aos portais *European Patent Office* (EPO) e Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Foram coletados dados das patentes selecionadas referentes aos métodos de secagem, trituração, revolvimento, filtragem e isolamento térmico. Também foram coletadas informações sobre os equipamentos utilizados nesses sistemas.

Na organização europeia foi realizada a busca com as palavras "*food waste*" filtradas pelo grupo F26B da Classificação Internacional de Patentes (IPC) produzido pela *World Intellectual Property Organization* (WIPO). A área (F) corresponde à Eng. Mecânica; Iluminação; Aquecimento; Armas; Explosão; na classe (F26) Secagem; subclasse (F26B) Secagem de materiais sólidos ou objetos removendo seus líquidos; grupo (F26B 9) Máquina ou aparato para secar materiais sólidos ou objetos em repouso ou somente com agitação local.

Figura 2: Busca pela classificação internacional de patentes.



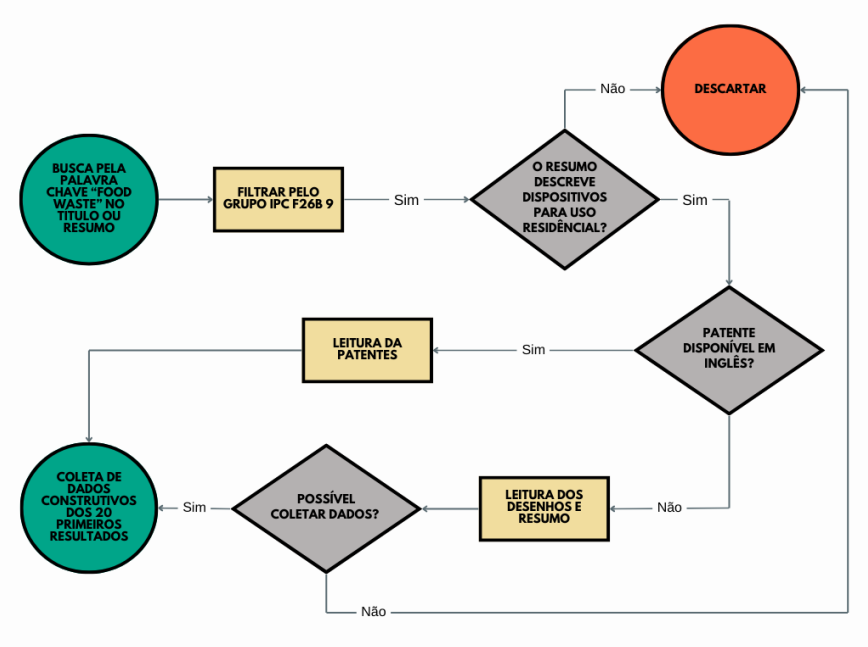
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados apresentados foram filtrados pela leitura do resumo, sendo selecionadas as invenções que apresentavam dispositivos para tratamento de restos de alimentos em escala residencial.

Dos aparatos selecionados foram lidas as cartas patentes disponíveis em inglês. Já aqueles em que a carta foi redigida em outros idiomas estrangeiros, quando possível, os dados foram coletados pela leitura dos desenhos e do resumo, e em caso contrário a invenção foi descartada.

Essa busca gerou 253 resultados e foi definido a seleção de 20 patentes para a coleta de dados. Foram lidos os resumos de 56 patentes e destas foram selecionadas 24. Quatro patentes foram descartadas pelo idioma e não e não ter sido possível a coleta de informações pela leitura dos desenhos e resumos.

Figura 3: Seleção de patentes

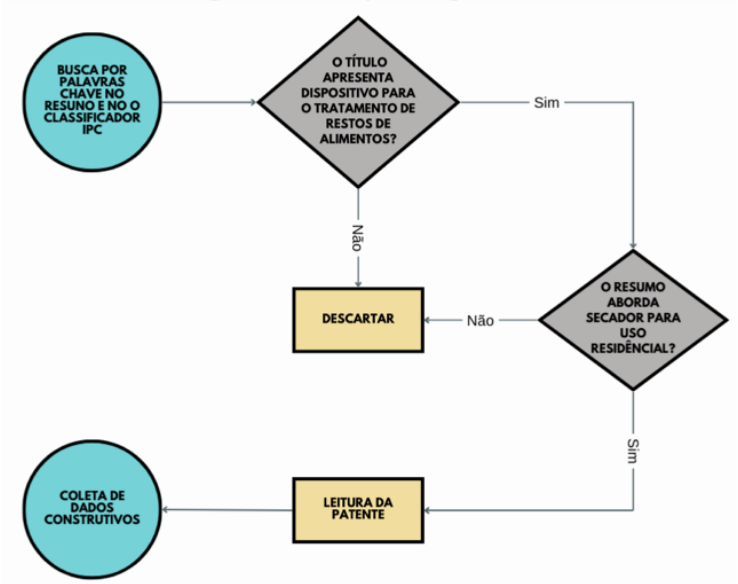


Fonte: Elaborado pelo autor.

No portal do instituto brasileiro a busca utilizando o classificador IPC não gerou resultados, assim a busca foi realizada com os termos "Resíduo *and* orgânico" no título ou resumo, e "máquinas ou aparelhos para secar" no classificador IPC.

A partir da leitura do título das patentes foram selecionadas aquelas que mencionavam dispositivos para o tratamento de resíduos orgânicos. Na sequência foram lidos os resumos filtrando as invenções que se tratavam de aparatos para tratamento de restos de alimento a nível residencial.

Figura 4: Seleção de patentes



Fonte: Elaborado pelo autor.

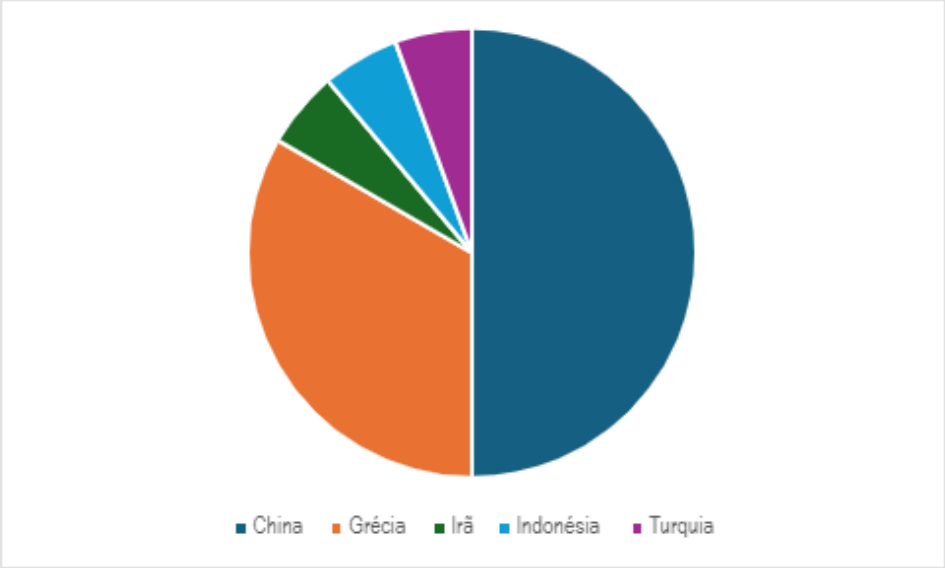
A busca resultou em 221 patentes, onde 12 foram selecionadas pela leitura do título, e destas somente 6 eram relacionadas a dispositivos de uso residencial.

A partir do conhecimento adquirido pela leitura dos artigos e patentes selecionados, e pela observância ao atendimento à proposta de se desenvolver um dispositivo para uso residencial, foram estabelecidas as premissas do projeto. Além de disso, foram coletados dados referentes as SSC encontrados. Eles foram sistematizados e compilados em uma planilha.

4. Resultados

Foram selecionados 18 artigos originários majoritariamente da China, segundo pela Grécia e com presença de Irã, Indonésia e Turquia, conforme gráfico (1). Eles que apresentavam dispositivos que possuíam SSC para aquecimento, aeração, revolvimento, trituração, filtragem e isolamento térmico na frequência exibida no gráfico 2.

Gráfico 1: Origem dos artigos



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2.3 Busca em bases de patentes

A busca no portal de busca do *European Patent office* resultou na seleção de 20 patentes conforme o quadro 3.

Quadro 3:Patentes de equipamentos para uso doméstico análogos ao biossecador selecionadas, segundo número de publicação e data.

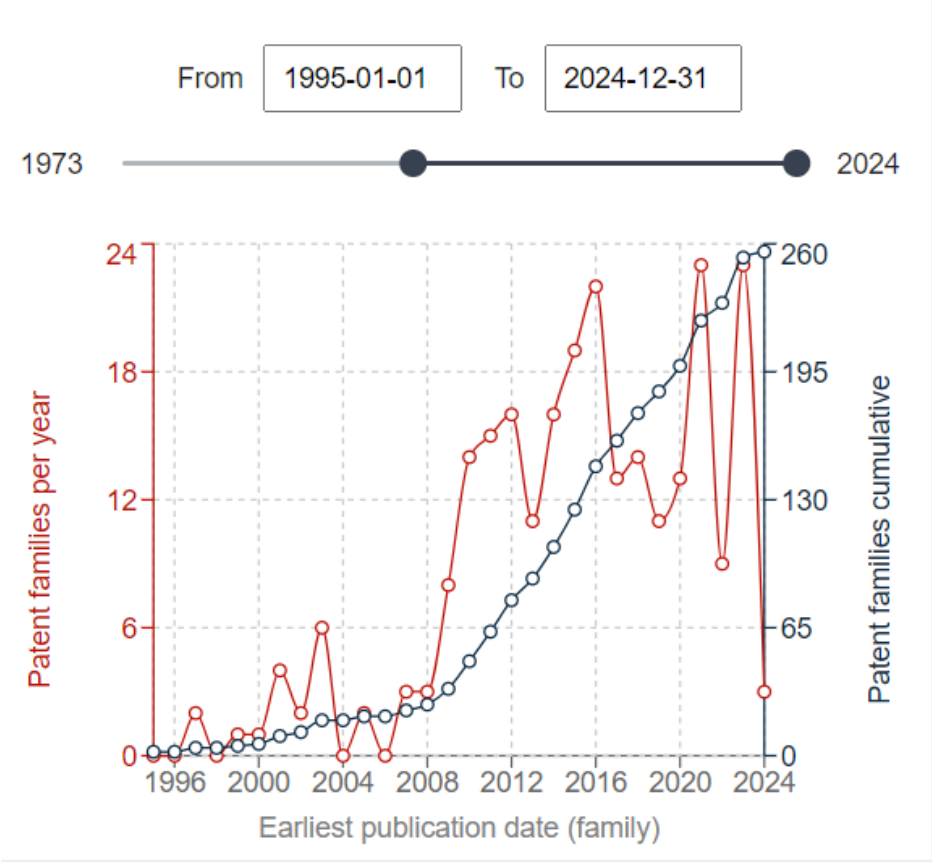
TÍTULO	PAÍS DE ORIGEM	NÚMERO DA PUBLICAÇÃO	DATA PUBLICAÇÃO
Food waste treatment equipment	Coréia do Sul	KR101222877B1 KR20120106912A	22/01/2013
Food waste drying apparatus	França	CA2544045A1	15/08/2007

Food waste treatment apparatus	Coréia do Sul	KR101578853B1	21/12/2015
Waste food dryer	Coréia do Sul	KR101332453B1 KR20110125195A	25/11/2013
Food waste disposal apparatus	Coréia do Sul	KR102233980B1	30/03/2021
Apparatus for drying food waste	Coréia do Sul	US2008057173A1	06/03/2008
Food waste disposal device	Coréia do Sul	KR102297289B1	06/09/2021
Food waste disposal apparatus	Coréia do Sul	US2023173503A1	08/06/2023
Apparatus for disposing food waste	Coréia do Sul	WO2016060290A1	21/04/2016
A funtional food waste drying machine	Coréia do Sul	KR20170128168A	22/11/2017
Pressurized and dried type food waste disposer and method using the same	Coréia do Sul	KR101689239B1 KR20110125945A	23/12/2016
Food waste drying apparatus	Coréia do Sul	KR101656992B1	12/09/2016
Food waste treatment device	China	CN218034076U	13/12/2022
A food waste desiccator	Coréia do Sul	KR20150055518A	21/05/2015
Food waste treatment equipment	Coréia do Sul	KR20160069642A	17/06/2016
Kitchen food waste disposer	Japão	JP2004249279A JP3953448B2	08/08/2007
Complex dry processing equipment for clothing and food waste disposal	Coréia do Sul	KR20200126508A	09/11/2020
Food waste separating device	China	CN213873473U	03/08/2021
Processing system intended to dehydrate food waste	Coréia do Sul	US2016131427A US9976805B2	22/518
Food waste dryer using circulating hot air with high frequency generator	Coréia do Sul	KR102292639B1 KR20210010306A	23/08/2021

Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico 2, demonstra o tema como uma tecnologia recente e em desenvolvimento que vem apresentando um número cada vez maior de depósitos de patente ano após ano.

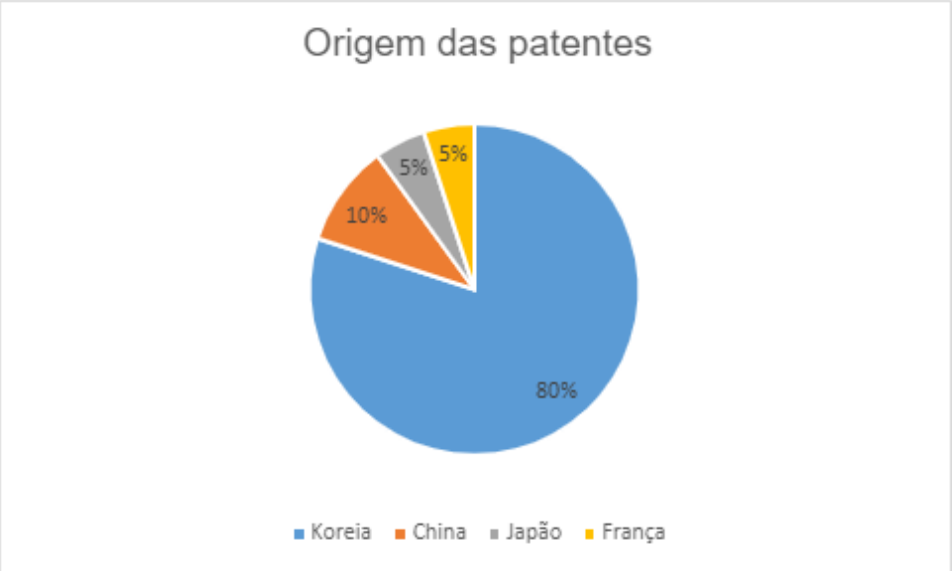
Gráfico 2: Patentes depositadas de biossecadores desde 1996.



Fonte: Espacenet, 2024.

A grande maioria das patentes selecionadas são originárias da Coreia, em segundo lugar temos a China e em terceiro empatados a França e o Japão com uma invenção cada.

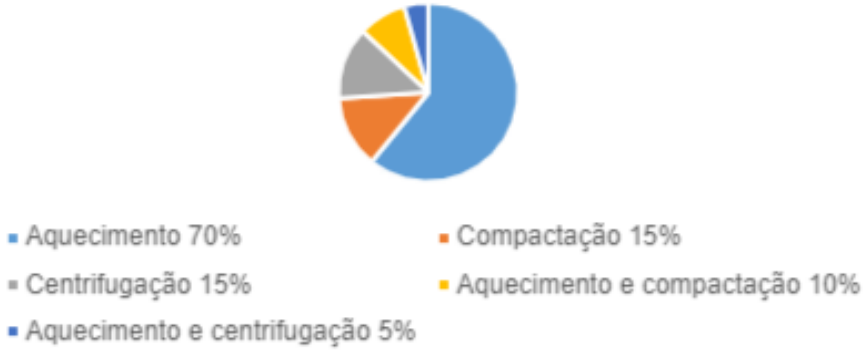
Gráfico 3: Origem das patentes



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas patentes europeias são utilizadas três estratégias para remoção de umidade: aquecimento, compactação e por centrifugação. Foi observado também a existência do sistema de aquecimento combinado com compactação ou centrifugação.

Gráfico 4: Sistema de remoção de umidade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

70% das patentes europeias pesquisadas utilizam sistema de aquecimento, sendo a solução mais utilizada em biossecadores. Foram observadas quatro formas de aporte térmico, convectiva, condutiva, por oscilador de alta frequência e por recuperação de calor.

A forma convectiva foi a mais utilizada, nela o resíduo é aquecido de forma indireta. Ela é composta basicamente por um ventilador que força a passagem do ar por uma resistência elétrica e na sequência o ar aquecido percorre o resíduo.

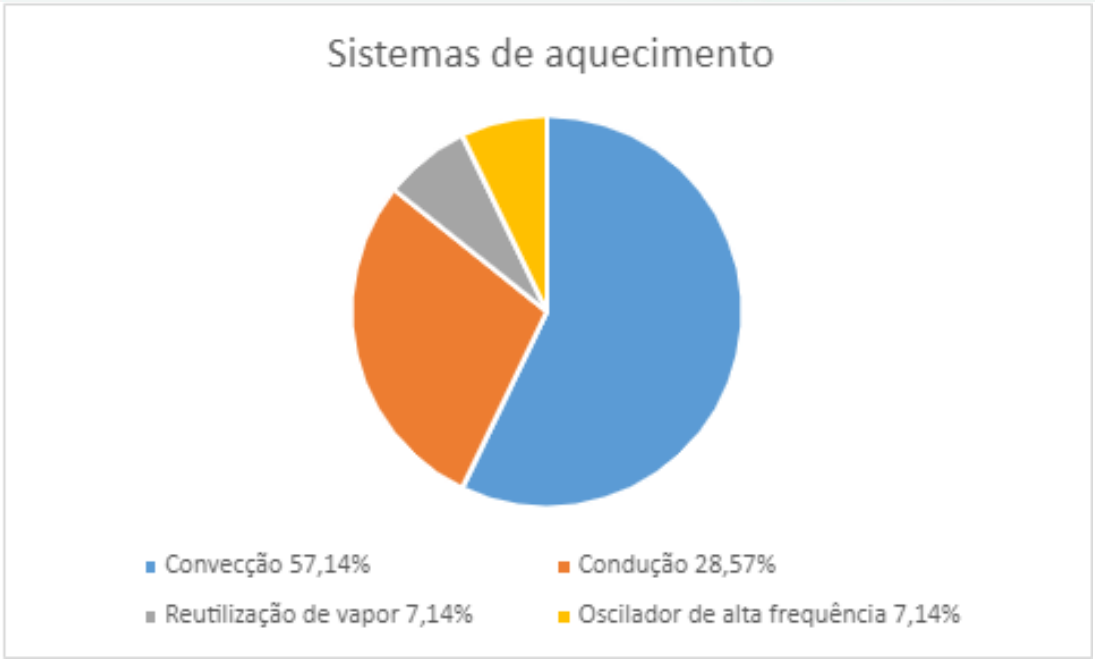
Foram classificados como condutivos os sistemas em que a resistência elétrica está em contato direto com a câmara de compostagem. Nele o calor é transferido por condução da resistência para o recipiente e depois para o resíduo.

Já o sistema por oscilador de alta frequência utiliza micro-ondas para aquecer o resíduo e o de recuperação de calor aproveita o calor gerado em outros dispositivos/ processos para o aquecimento.

O gráfico 5 apresenta a ocorrência dos tipos de sistemas aquecimento encontrados nas patentes europeias.

Todos os sistemas de ventilação utilizam ventiladores axiais e um deles utiliza além dele uma bomba de vácuo. Para realizar revolvimento do resíduo, 62% dos dispositivos utilizam eixos com pás, enquanto 38% utilizam transportadores helicoidais. Todas as patentes europeias utilizam trituradores de facas rotativas.

Gráfico 5: Sistemas de aquecimento utilizados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

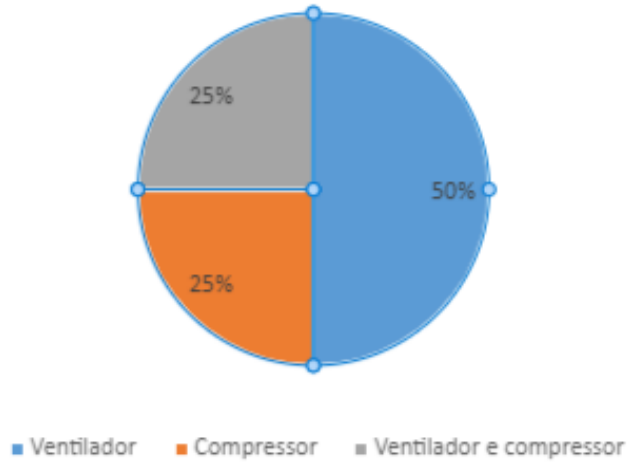
Quadro 4: Patentes selecionadas no INPI.

Título	País de origem	Número da publicação	Data de publicação
Máquina para gestão de resíduos orgânicos semiautomatizada.	Brasil	BR 10 2016 013034 4	07/06/2016
Máquina para gestão de resíduos orgânicos com processo contínuo automatizado.	Brasil	BR 10 2016 005713 2	16/03/2016
Processador domiciliar de detritos orgânicos na origem, por trituração e sistema de centrifugação e extrusão para significativa redução da umidade do lixo e posterior ensacamento e armazenamento dos detritos sólidos.	Brasil	BR 10 2015 005537 4	12/03/2015
Bio-reator de compostagem de resíduos orgânicos por sistema de centrifugação em fluxo. contínuo, com ajuste de desumidificação/granulometria e homogeneização constante.	Brasil	BR 10 2014 006825 2	21/03/2014
Composteira eletrônica de resíduos orgânicos.	Brasil	BR 20 2013 015076 8	17/06/2013
Disposição construtiva em secadora de resíduos orgânicos domésticos.	Brasil	BR 10 2014 031500 4	16/12/2014

Fonte: Elaborado pelo autor.

Das patentes encontradas 67% utilizam sistema de aquecimento enquanto 33% utilizam centrifugação para remoção da umidade. Metade dos sistemas de aquecimento utilizados são convectivos e a outra metade é condutivo.

Gráfico 6: Sistemas de ventilação

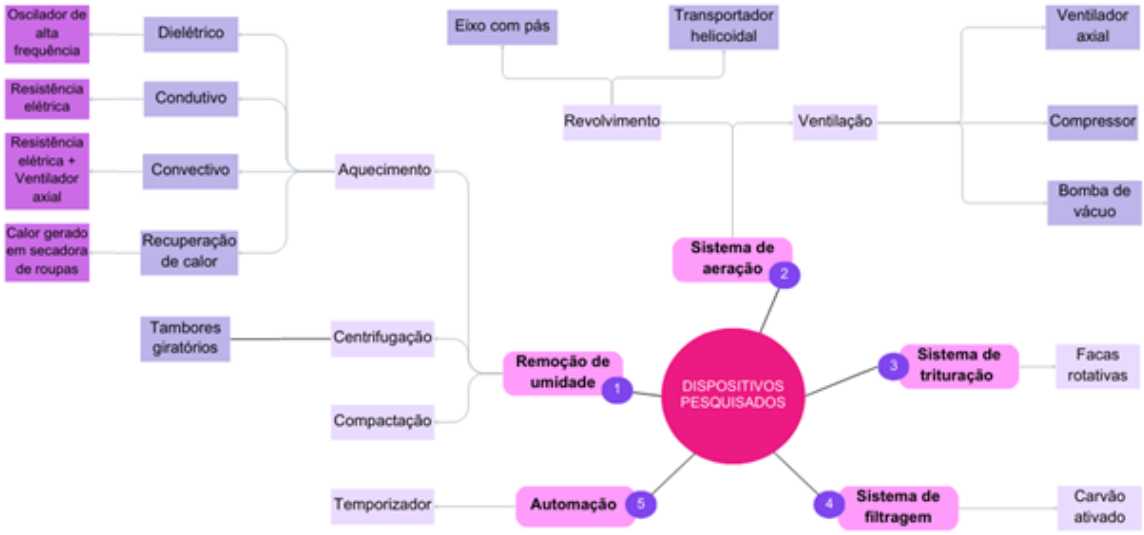


Fonte: Elaborado pelo autor.

83% utilizam sistema de revolvimento, todos utilizam eixos com pás e um além do eixo utiliza transportador helicoidal. 83% utilizam sistema de trituração. 33% utilizam filtros. Somente uma patente menciona a utilização de isolamento térmico.

A partir da leitura dos artigos e das patentes pesquisadas foi possível identificar os seguintes sistemas: remoção de umidade, aeração, trituração, filtragem e automação. Estes, por sua vez utilizam os subsistemas e componentes conforme apresentado na figura 5.

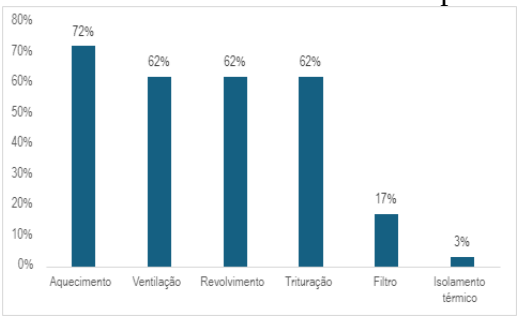
Figura 5: Sistemas subsistemas e componentes (SSC) encontrados em bases de patentes ESPACENET e INPI, segundo sistemas de remoção de umidade, de aeração, de trituração, de filtragem e de automação



Fonte: Elaborado pelo autor.



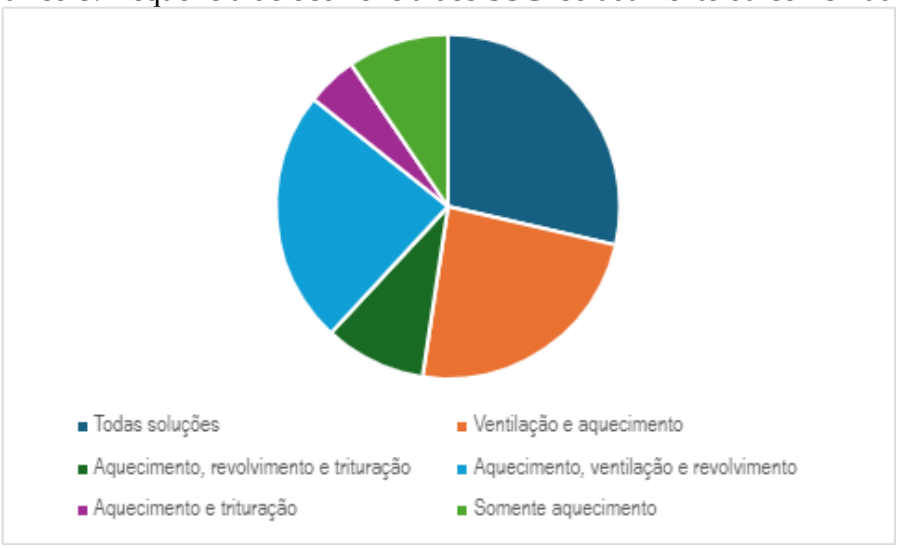
Gráfico 7: Frequência de ocorrência dos SSC nas patentes pesquisadas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando somente os dispositivos com sistema de aquecimento, 76% deles possui sistema de ventilação, 62% possui sistema de revolvimento e 57% possui triturador. Foi observado também como os dispositivos utilizavam os SSC de forma combinada ou isolada.

Gráfico 8: frequência de ocorrência dos SSC isoladamente ou combinados



Fonte: Elaborado pelo autor.

5. Conclusões

O estudo alcançou seu objetivo ao identificar a presença dos sistemas para a remoção de umidade, promoção da aeração, para a trituração do resíduo e filtros para redução das emissões além da automação do processo em biossecadores de resíduos alimentares. Esse mapeamento pode auxiliar o aprimoramento de dispositivos existentes e processo de desenvolvimento de novos produtos fornecendo quais os mecanismos são utilizados para controle da biossecagem de restos de alimentos a nível residencial.

A partir dos sistemas e componentes mapeados futuros trabalhos podem investigar quais são mais eficientes energeticamente, podem ser quantificadas as emissões de gases, a geração de resíduos, e avaliar o ciclo de vida dos componentes, análises de usabilidade, e a viabilidade da integração de tecnologias inteligentes, contribuindo para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).



6. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.** São Paulo: ABRELPE, 2022.

GADALETA, Giovanni *et al*. Co-Treatment of Food Waste and Municipal Sewage Sludge: Technical and Environmental Review of Biological and Thermal Technologies. **Clean Technologies**, v. 6, n. 3, p. 852-885, 2024.

JICA. **Project on Master Plan Study for Integrated Solid Waste Management in Bogota**, D.C. (Volume 2). Agência de Cooperação Internacional do Japão, 2013. Disponível em: https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12126843.pdf. Acesso em: 12 abr. 2024.

LIU, Xuesong *et al*. Technical progress and perspective on the thermochemical conversion of kitchen waste and relevant applications: A comprehensive review. **Fuel**, v. 331, p. 125803, 2023.

MA, Jiao *et al*. Multivariate insights of bulking agents influence on co-biodrying of sewage sludge and food waste: Process performance, organics degradation and microbial community. **Science of The Total Environment**, v. 681, p. 18-27, 2019.

MA, Jiao *et al*. Thermally assisted bio-drying of food waste: Synergistic enhancement and energetic evaluation. **Waste Management**, v. 80, p. 327-338, 2018.

MOHAMMED, Mutala *et al*. Pre-treatment and utilization of food waste as energy source by bio-drying process. **Energy Procedia**, v. 128, p. 100-107, 2017.

RAHEEM, Abdul *et al*. Opportunities and challenges in sustainable treatment and resource reuse of sewage sludge: a review. **Chemical Engineering Journal**, v. 337, p. 616-641, 2018.

REZAEI, Hamid *et al*. Pelletization properties of refuse-derived fuel-Effects of particle size and moisture content. **Fuel processing technology**, v. 205, p. 106437, 2020.

SOTIROPOULOS, A. *et al*. Domestic biowaste drying as a pretreatment method to produce a stabilised biological resource. **International Journal of Environment and Waste Management**, v. 24, n. 3, p. 237-249, 2019.

SOTIROPOULOS, A. *et al*. Research on the drying kinetics of household food waste for the development and optimization of domestic waste drying technique. **Environmental Technology**, v. 37, n. 8, p. 929-939, 2016.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Food Waste Index Report 2024: Think Eat Save: Tracking Progress to Halve Global Food Waste**. Nairobi: UNEP, 2024. Disponível em: https://wedocs.unep.org/20.500.11822/45230. Acesso em: 12 abr. 2024.

VELIS, C. A. *et al*. Biodrying for mechanical–biological treatment of wastes: A review of process science and engineering. **Bioresource technology**, v. 100, n. 11, p. 2747-2761, 2009.

XIN, Liqing *et al*. Accelerating food waste composting course with biodrying and maturity process: A pilot study. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 9, n. 1, p. 224-235, 2020.