

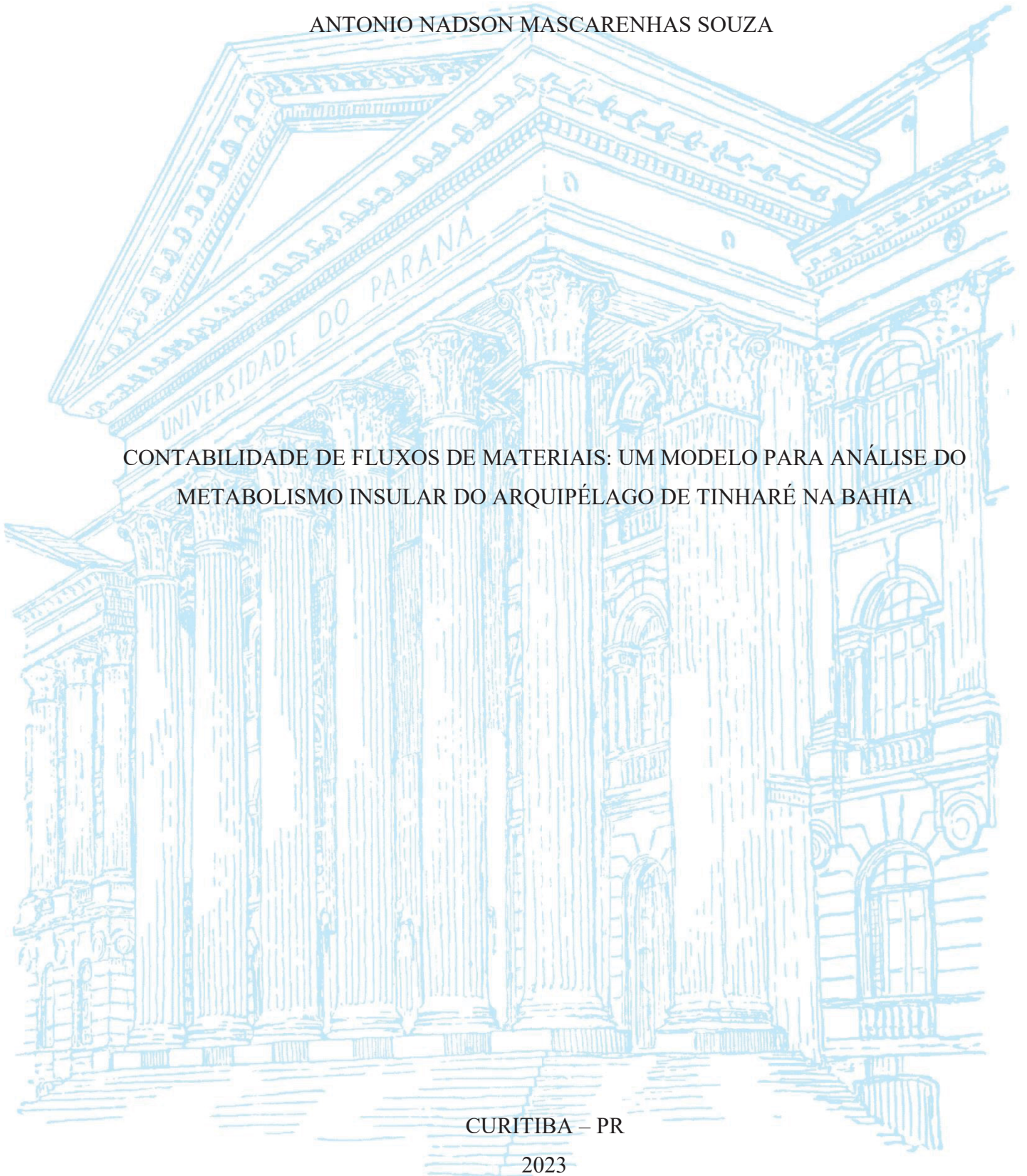
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANTONIO NADSON MASCARENHAS SOUZA

CONTABILIDADE DE FLUXOS DE MATERIAIS: UM MODELO PARA ANÁLISE DO
METABOLISMO INSULAR DO ARQUIPÉLAGO DE TINHARÉ NA BAHIA

CURITIBA – PR

2023



ANTONIO NADSON MASCARENHAS SOUZA

CONTABILIDADE DE FLUXOS DE MATERIAIS: UM MODELO PARA ANÁLISE
DO METABOLISMO INSULAR DO ARQUIPÉLAGO DE TINHARÉ NA BAHIA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Contabilidade, do Setor de Ciências Sociais
Aplicadas, da Universidade Federal do Paraná, como
requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em
Contabilidade.

Área de Concentração: Contabilidade Gerencial

Orientador: Professor Dr. Luiz Panhoca

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

Souza, Antonio Nadson Mascarenhas

Contabilidade de fluxo de materiais : um modelo para análise do metabolismo insular do Arquipélago de Tinharé na Bahia / Antonio Nadson Mascarenhas Souza. – Curitiba, 2023.
1 recurso on-line : PDF.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Contabilidade.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Panhoca.

1. Contabilidade. 2. Sistemas sociometabólicos. 3. Fluxos de materiais. I. Panhoca, Luiz. II. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Contabilidade. III. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS SOCIAIS E APLICADAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CONTABILIDADE -
40001016050P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação CONTABILIDADE da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **ANTONIO NADSON MASCARENHAS SOUZA** intitulada: **Contabilidade de Fluxo de Materiais: Um Modelo para Análise do Metabolismo Insular do Arquipélago de Tinharé na Bahia.**, sob orientação do Prof. Dr. LUIZ PANHOCA, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

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

CURITIBA, 26 de Maio de 2023.

Assinatura Eletrônica

27/05/2023 14:47:42.0

LUIZ PANHOCA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

26/05/2023 18:43:24.0

GLEIMIRIA BATISTA DA COSTA MATOS

Avaliador Externo (10001018)

Assinatura Eletrônica

29/05/2023 07:05:36.0

RAIMUNDO NONATO RODRIGUES

Avaliador Externo (55003266)

Assinatura Eletrônica

31/05/2023 11:55:56.0

NAYANE THAIS KRESPI MUSIAL

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico essa tese a minha avó, Cleuma Mascarenhas (*in memoriam*) que sempre me encorajou a buscar novos caminhos e, com certeza, está comigo neste momento. Também dedico a minha mãe, Tania Mascarenhas, meu pai, Natanael Souza, minha irmã, Núbia Mascarenhas e minhas sobrinhas: Lara Mascarenhas e Amanda Mascarenhas, que sempre estiveram comigo e me deram as forças necessárias para vencer essa etapa. E a todos os jovens negros, que assim como eu, almejam realizar seus sonhos e conquistar espaços, antes impossíveis de serem acessados.

*Quem cultiva a semente do amor
Segue em frente e não se apavora
Se na vida encontrar dissabor
Vai saber esperar a sua hora.*

*Às vezes a felicidade demora a chegar
Aí é que a gente não pode deixar de sonhar
Guerreiro não foge da luta e não pode correr
Ninguém vai poder atrasar quem nasceu pra vencer*

*É dia de Sol, mas o tempo pode fechar
A chuva só vem quando tem que molhar
Na vida é preciso aprender, se colhe o bem que plantar
É Deus quem aponta a estrela que tem que brilhar*

*Erga essa cabeça, mete o pé e vai na fé
(Manda essa tristeza embora)
Basta acreditar que um novo dia vai raiar
Sua hora vai chegar*

Tá Escrito

Alexandre Assis, Carlos Rodrigues, Gilson Bernini

AGRADECIMENTOS

Deus é grandioso, e não me desamparou, a Ele toda honra e toda glória. Foi Ele quem me sustentou nestes anos de caminhada e continua sendo o Eixo central da minha fé. A minha família toda gratidão e amor, agradeço a minha mãe Tania Maria dos Santos Mascarenhas Souza, meu pai Natanael Santos Souza, minha irmã Núbia Mascarenhas Souza e minhas sobrinhas Lara Mascarenhas Almeida e Amanda Mascarenhas Almeida, vocês são meu alicerce, minha base central e meus maiores presentes, sou grato por ter uma família tão presente e atenciosa, quando as coisas estavam difíceis, vocês se tornaram meu refúgio e fortaleza e nunca soltaram minhas mãos, este título é de vocês.

Não poderia deixar de agradecer aos demais familiares que estavam sempre comigo, minhas tias: Natalina Mascarenhas, Maria Mascarenhas, Ana Mascarenhas, Jocelina Mascarenhas, Adilson Mascarenhas, Jocelma Mascarenhas, Carlos Mascarenhas e Gedeon Teixeira, obrigado por estarem firmes comigo, me incentivando e torcendo por mim. Estendo os agradecimentos aos meus queridos primos e primas: Jadson Mascarenhas, Adson Mascarenhas, Lucas Mascarenhas, Camila Mascarenhas, Stephany Mascarenhas, Bruna Mascarenhas, Letícia Mascarenhas, Ruan Mascarenhas, Edilson Mascarenhas, Letícia Teixeira, Cauan Mascarenhas, Vitor Mascarenhas, Sophia Teixeira.

Deixo meu agradecimento ao meu querido professor e orientador Dr. Luiz Panhoca, professor, eu lhe admiro muito, o senhor sempre será sinônimo de inspiração para mim, seus incentivos, seu apoio, seu acreditar foram essenciais para que eu conseguisse conquistar este título. Mais que orientador o senhor foi um parceiro, desejo que muitos tenham a mesma experiência que tive sendo seu orientando, conte sempre comigo.

Agradeço também a banca examinadora, aqui nomeio a professora Nayane Krespi Muscial da Universidade Federal do Paraná (UFPR), a professora Gleimíria Batista da Costa da Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e o Raimundo Nonato Rodrigues da Universidade Federal do Ceará (UFC), obrigado pela disponibilidade em contribuir com meu trabalho bem como por todo direcionamento e orientação durante a qualificação e defesa.

Durante estes longos anos do PPGCONT/UFPR, conheci pessoas maravilhosas que se tornaram companheiros fiéis nesta jornada. Meu irmão querido, inteligente e lindo Alison Martins Meurer, obrigado por ser exatamente como você é obrigado por ser o irmão que eu precisava conhecer, agradeço por cada conversa, cada risada e cada viagem que fizemos durante estes anos, você vale muito para mim e é uma alegria compartilhar minhas vitórias e dilemas contigo. Ao Iago França Lopes que com seu jeitinho “*black power*” conquistou minha amizade, admiração e amor.

Meu amigo, você é tão especial para mim, você é pulsante e inspira uma geração de jovens que querem ser livres igual você, obrigado por compartilhar seus dias de sol e seus dias nublado comigo, é uma alegria ser seu amigo e sua companhia é um afago para meu coração.

Estendo meu agradecimento aos meus amigos do “VOCÊ DA CONTA”, Juliana Pavão, Fabiana Frigo e Thiago Maldonado, de fato, demos conta. Vocês fizeram os meus dias se tornarem mais agradáveis e divertidos, eu amava rir com vocês e tomar café na cantina. Que Deus possa abençoar o passo de cada um de vocês, obrigado por tudo.

Não posso deixar de agradecer as minhas amigas de caminhada que permitiram que eu os conhecesse de maneira mais próxima a Luciana Dagustini e seu “eu sou parceira”, e realente sempre uma parceria alegre e risonha, a Cassiana Bortoli e Elisane Brandt, juntos formamos um time forte e acolhedor. Também agradeço ao meu amigo Pablo Nicolais por tanto carinho e alegrias compartilhadas, ele que virou meu segundo “mano”, sempre muito bondoso e feliz da vida. Também agradeço a Jonatas Konraht, Rodolfo Rocha, Allison Sousa, Josele, Joseane, Thais Lira, Michele, Tassiane, Elsídio, Pavel, Rayane Camila, Rita Silva.

A minha querida turma de doutorado: Alison Meurer, Saulo Filho, Cassiane Bortoli, Luaciana Dagostini, Marivânia, Ivanildo, Luiz Rogério, Elisane Brandt e Paula Pontes, muito obrigado pelo compartilhamento, aprendizagem coletiva e empatia.

Gostaria de agradecer aos demais amigos que ao longo destes anos se tornaram especiais para mim ao Vitechenzo e toda sua família, a Paulo Souza que nos últimos tempos tem se tornado um grande irmão, a Janaina que sempre esteve comigo, a Ana Claudia Afra, sempre muito atenta e pronta para ouvir meus desabafos indignados, a Lorena Ziroldo companheira de trabalho, risos e *13hops* a querida Kelli Favato que se tornou uma grande amiga e parceria de pesquisa e a Carline Savariz por acreditar que isso tudo passaria e passou.

Aos meus amigos da Bahia que seguiram segurando minha mão e torcendo por mim em especial a Valdirene Almeida por todo suporte, amor, parceria e amizade, minha amiga você é preciosa e Deus te honra, obrigado pela amizade verdadeira e por ser minha irmã. Também a minha amada comadre e irmã Carla Santos, você sempre me inspira a ser melhor, você é meu exemplo e nossa amizade é cheia de amor e cumplicidade. Também agradeço a Indira Cardoso por sempre trazer consigo palavras de encorajamento e fé. A Nilton que eu tenho grande admiração, carinho e respeito, conversar contigo era minha terapia, principalmente nos momentos mais difíceis, você vale ouro. Aos demais amigos Erica Barreto, Jackson Kauik, Thiago Sousa, Hana Gabriela, Andreia Clarinda, Cinthia Leite, Victor Cone, Srº Edinho, Mirian, Antonio Marcos, Naiara Souza, Laís Lemos, Mirian, Lucas Seara, Anderson Cavalcante, ao meu quarteto de amigas queridas do

Colégio Estadual Francisco da Conceição Menezes: Aline Caetano, Cláudia Magalhães, Wilma Souza e Nice Rosa obrigado pela preocupação e incentivo de sempre.

Agradeço também a todas as pessoas que não tive tanto contato durante este período, mas que sempre demonstraram apoio a minha jornada, eram amigos de infância, de colégio, da minha comunidade e da época da graduação. Obrigado por tudo pessoal.

Externalizo minha gratidão ao PPGCONT da UFPR e a todos os professores do programa os quais tive a alegria de assistir suas aulas no doutorado o professor Claudio Edwards, Edicreia Santos, Flaviano Costa, Henrique Portulhak, Luciana Klein, Luciano Scherer, Luiz Panhoca, Nayane Musial, Romualdo Douglas, Sayuri Azevedo, Simone Voese, Vagner Arantes e Vicente Pacheco. De modo adicional, agradeço aos colaboradores da secretaria por estarem sempre dispostos em me auxiliar e orientar na condução dos diversos processos referentes ao doutorado, aqui expresso minha gratidão a Camila e ao Márcio, por tamanho apoio e suporte, muito obrigado por tudo.

Agradeço também a Universidade Federal do Paraná a qual tenho grande orgulho e gratidão, fui muito acolhido pela UFPR, realizei meu maior sonho e a felicidade morava em mim toda vez que eu pisava no meu campus do Jardim Botânico, era um orgulho que eu sentia, as vezes nem acreditava que havia conseguido chegar naquele espaço. Vou guardar a UFPR para sempre em meu coração e em minhas memórias mais alegres.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por ter fornecido apoio financeiro durante uma boa parte do doutorado.

E a você que está lendo estes agradecimentos e passando pelo mestrado ou doutorado, acredite, você dará conta e existe vida após essas etapas, seja feliz e fiel ao seu propósito e assim como deu certo para mim, dará para você.

RESUMO

O objetivo desta tese foi demonstrar como a contabilidade de fluxos de materiais contribui para a construção de um modelo de metabolismo insular, do arquipélago de Tinharé, na Bahia, litoral no nordeste do Brasil, por meio da abordagem das relações estabelecidas entre o homem e o meio ambiente, com ênfase na compreensão dos sistemas sociometabólicos. Desta forma, fez-se necessário, o desenvolvimento de modelos, para estimação de massa e mensuração dos impactos negativos causados pela intervenção humana no meio ambiente. A partir dessas demandas, desenvolveram-se diferentes métodos propostos, para estimação dos materiais consumidos e resíduos gerados, por esta comunidade insular. No que se refere aos procedimentos metodológicos, esta pesquisa possui uma abordagem qualitativa, de caráter descritivo e explicativo. Para a coleta dos dados e dimensões do modelo, utilizaram-se as técnicas de análise documental, registros em sítios geográficos e artigos científicos, que serviram de base para construção do modelo proposto. Adicionalmente, definiu-se um estudo de caso piloto, para melhor compreensão dos cenários da pesquisa e estruturação do referido modelo. Após essas etapas, elaborou-se um modelo do MFA, com base nos estudos de Fischer-Kowalski (2020); Noll *et al.* (2020) e Singh *et al.*(2020), visto que o *Material Flow Accounting* (MFA), sugerido, reveste-se de relevância metodológica, ao estimar os fluxos de materiais de uma região, principalmente das comunidades insulares, que possuem restrições geográficas, econômicas, ambientais, orçamentárias e políticas. Desta forma, adicionalmente, incluíram-se as categorias de materiais, que podem ser analisados no arquipélago de Tinharé, com base nos dados da extração doméstica, processamento e comércio de materiais. Neste contexto, evidenciou-se que a aplicação do MFA, como estimador do metabolismo insular apoia o reconhecimento e mensuração do capital natural, bem como acrescenta aos estudos críticos sobre a temática, tópico recorrente nas discussões atuais da contabilidade, sobre a mensuração destes ativos e como as entidades estão sendo responsabilizadas pelos prejuízos causados ao meio ambiente. Constatou-se ainda, que a aplicação do MFA também possibilitará que a prefeitura de Cairu identifique os pontos falhos na gestão de resíduos municipais e proponha melhorias, tanto estruturais, quanto orçamentárias. Verificou-se, entretanto, que tais melhorias devem ser elaboradas com a parceria dos diversos *stakeholders* e a cooperação da prefeitura municipal, assim como, que a conscientização dos atores envolvidos deverá ser feita de maneira contínua.

Palavras-chave: sistemas sociometabólicos; MFA; reconhecimento e mensuração.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to demonstrate how the accounting of material flows contributes to the construction of a model of insular metabolism, of the Tinharé archipelago, in Bahia, coast in the northeast of Brazil, through the approach of the relations established between man and the environment, with emphasis on the understanding of sociometabolic systems. Thus, it was necessary to develop models for mass estimation and measurement of the negative impacts caused by human intervention in the environment. Based on these demands, different proposed methods were developed to estimate the materials consumed and waste generated by this island community. With regard to methodological procedures, this research has a qualitative, descriptive and explanatory approach. For the collection of data and variables of the model, we used the techniques of documentary analysis, records in geographic sites and scientific articles, which served as the basis for the construction of the proposed model. Additionally, a pilot case study was defined to better understand the research scenarios and structure the model. After these steps, a model of the MFA was elaborated, based on the studies of Fischer-Kowalski (2020); Noll et al. (2020) and Singh et al. (2020), since the suggested Material Flow Accounting (MFA) is of methodological relevance when estimating the material flows of a region, especially of island communities, which have geographical, economic, environmental, budgetary and political constraints. In this context, in addition, the categories of materials were included, which can be analyzed in the Tinharé archipelago, based on data from domestic extraction, processing and trade of materials. In this sense, it was evidenced that the application of the MFA as an estimator of the insular metabolism supports the recognition and measurement of natural capital, as well as adds to the critical studies on the theme, a recurring topic in the current discussions of accounting, on the measurement of these assets and how the entities are being held responsible for the damages caused to the environment. It was also found that the application of the MFA will also enable the city of Cairu to identify the faulty points in the management of municipal waste and propose improvements, both structural and budgetary. It was verified, however, that such improvements should be elaborated with the partnership of the various stakeholders and the cooperation of the municipal government, as well as that the awareness of the actors involved should be made continuously.

Keywords: sociometabolic systems; MFA; recognition and measurement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Canais Possíveis para Externalidades.....	21
Figura 2 - Perspectivas das externalidades – Pigou e Coase.....	23
Figura 3 - Contábeis sobre as externalidades.....	24
Figura 4 - Internalização das externalidades.....	26
Figura 5 - Modelo de Interação Metabólica.....	29
Figura 6 - Estrutura da contabilidade de fluxos de materiais.....	33
Figura 7 - Configuração dos Fluxos de MFA.....	34
Figura 8 - Modelo Socioecológico das comunidades Insulares.....	36
Figura 9 - Processo de Elaboração do caso piloto.....	48
Figura 10 - Mapa da Localização do arquipélago de Tinharé.....	51
Figura 11 - Processo de coleta de dados para elaboração do modelo proposto.....	53
Figura 12 - Modelo do MFA aplicado à ilha de Tinharé.....	59
Figura 13 - Fluxograma de aplicação do MFA no Arquipélago de Tinharé.....	69

LISTAS DE TABELAS

Tabela 01 - Principais métodos aplicados aos estudos sociometabólicos.....	30
Tabela 02 - Estudos antecedentes sobre metabolismo insular.....	40
Tabela 03 - Conjunto de dimensões do MFA.....	55
Tabela 04 - Produtos da Extração Doméstica.....	60
Tabela 05 - Categorias dos Materiais comercializados.....	62
Tabela 06 - DPO Emissões para o ar.....	64
Tabela 07 - Terra Residual, Emissões para água e resíduos dissipativos.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS

ALE	Adições Líquidas aos Estoques
APA	Área de Proteção Ambiental
BMN	Balço de Material Nacional
CO	Monóxido de carbono
Co ²	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CH ₄	Metano
DE	Extração Doméstica
DMI	Estrada de Materiais Diretos
DMC	Consumo de Materiais Diretos
DPOw	Saídas de Resíduos Processados
EMBASA	Empresa Baiana de Saneamento e Abastecimento
EMD	Extração Doméstica
EoL	Resíduos de Fim de Vida
EUROSTAT	European Statistical System
eUse	Uso de Energia
EX	Exportações
FRE	Fluxo de Resíduos e Emissões de Energias
HFC's	Hidrofluorcarbonetos
IFRS	International Financial Standards Bord
ISSB	International Sustainability Standards Bord
IBE	Itens de Balanceamento de Entrada
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBS	Itens de Balanceamento de Saída
IM	Importações de Materiais
INEMA	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia
INT/OUT	Saídas Intermediárias
LCA	Life-Cycle Analysis
MEFA	Material and energy flow analysis
MFA	Material Flow Accouting
MFCA	Material Flow Cost Accouting

mUse	Uso de Material
MuSIASEM	Multi-scale Integrated Analysis of Cocietal and Ecosystem Metabolismo
Nox	Óxido Nitroso
ODS	Sustainable Development Goals
ONU	Organizações Unidas
PGIRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PFC	Perfulourcarbono
PILOT	Physical Input-Output
POP's	Poluentes Orgânicos Persistentes
SAMPA	Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
SEMOSP	Secretaria Municipal Especial do Morro de São Paulo
SFA	Substance Flow Analysis.
SIGEASS	Sistema de Gestão e Avaliação da Sustentabilidade Suinocultura.
SM	Materiais Secundários.
SO2	Dióxido de Enxofre.
UNEP	United Nations Environment Programme.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	21
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	26
1.2.1 Objetivo Geral.....	26
1.2.2 Objetivos Específicos	15
1.3 A TESE	15
1.4 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES DA TESE	286
1.5 ORGANIZAÇÃO DA TESE	31
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	32
2.1 EXTERNALIDADES AMBIENTAIS E CONTABILIDADE	32
2.2 CONTABILIDADE DE FLUXO DE MATERIAIS (MFA).....	38
2.3 METABOLISMO INSULAR	46
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	58
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	58
3.1.1 Estudo de Caso Piloto	59
3.2 UNIDADE DE ANÁLISE	50
3.3 COLETA DOS DADOS E ESTRUTURAÇÃO DO MODELO	52
3.4 DIMENSÕES DO MODELO	66
3.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	68
4 APRESENTAÇÃO DO MODELO	69
4.1 EXTRAÇÃO DE MATERIAIS DOMÉSTICOS.....	60
4.2 COMÉRCIO DE MATERIAIS.....	62
4.3 SAÍDAS DE MATERIAIS	73
4.4 PROCESSO DE APLICAÇÃO E SUCESSO DO MFA EM CONTEXTO INSULARES	78
5 IMPLICAÇÕES, LIMITAÇÕES E CAMINHOS FUTUROS	72
5.1 IMPLICAÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS.....	72
5.2 LIMITAÇÕES.....	73
5.3 CAMINHOS FUTUROS	73
6 CONCLUSÕES.....	85
REFERÊNCIAS	87

1. INTRODUÇÃO

O uso dos recursos da Terra tem se intensificado nas últimas duas décadas, todavia essa utilização é nociva ao funcionamento dos ecossistemas, como a degradação do solo, poluição das águas subterrâneas, do ar e perda de biodiversidade, defendem (Fischer-Kowalski & Weisz, 2016). Segundo projeções das Nações Unidas (2012), em 2050, cerca de 3.9 bilhões de pessoas, 40% da população mundial, viverão em bacias hidrográficas, sobre grave estresse hídrico, e cerca de 6.9 bilhões de pessoas sofrerão alguma consequência de tal estresse. Um exemplo deste cenário se configura, no fato de que as águas subterrâneas têm sido consumidas mais rapidamente do que a sua capacidade de reabastecimento, tornando-se ainda mais poluídas (United Nation, 2012).

Para Singh *et al.* (2012), estes problemas não são apenas ecológicos, mas também socioecológicos, pois “o efeito com que essas sociedades interagem com o seu meio ambiente afeta, não apenas os ecossistemas, assim também os sistemas sociais e o bem-estar humano” (Singh *et al.*, 2012). Adicionalmente, Ginard-Bosh e Martins (2016) salientam que esse sistema social é caracterizado por um conjunto de atividades humanas hierarquizadas, que possuem relações com o meio ambiente. Dependência esta, que tem implicações em sua própria estrutura e evolução. Como tal, estão entrelaçadas e dão origem às novas dinâmicas sinérgicas, como nunca visto antes, que ameaçam a própria espécie humana, tanto quanto o equilíbrio planetário e a vida como um todo, enfatizam (Molina & Toledo, 2014).

Porém, essa discussão não é nova ou não está limitada apenas à era industrial, mas acompanha os homens e mulheres, ao longo da sua existência e, agora, mais do que antes, se configuram como um dos maiores desafios do século XXI, afirmam (Krausmann *et al.*, 2016). Em seus estudos, Brattebø *et al.* (2009) acentuam a necessidade de se analisar os impactos causados ao meio ambiente, bem como os custos e benefícios econômicos oriundos destas intervenções humanas, a fim de que estes forneçam resultados significativos, transparentes e robustos para os agentes econômicos, políticos e sociais.

Fischer-Kowalski *et al.* (2016) refletem sobre a interação e conexão expressiva existente entre os sistemas sociais e naturais, bem como essas relações se friccionam. Assim, emerge a necessidade de desenvolver conceitos e métodos, para mensurar essas estruturas, em pé de igualdade epistemológica, principalmente em se tratando de investigações sócio metabólicas. Ainda para Fischer-Kowalski *et al.* (2016), manter o funcionamento do metabolismo da sociedade, sem destruir o ambiente natural, torna-se um requisito basilar para a sustentabilidade. Em termos conceituais, o metabolismo social são todas as transformações energéticas e materiais que ocorrem dentro de um sistema social aberto, seja no sistema econômico ou no ambiente e as relações que

são desenvolvidas entre ambas, que certamente impactam na economia local concluem (Gerbet & Scheidel, 2018).

Como exemplo dessas economias locais têm-se as comunidades insulares. Estes ambientes enfrentam desafios urgentes, referentes à sustentabilidade, que estão relacionados com a disponibilidade dos fluxos de recursos naturais, tais como: água, energia e minerais e os altos custos dos recursos dos mercados externos, bem como a capacidade limitada dos ecossistemas terrestres e aquáticos de absorver recursos residuais, afirmam Ashton e Chertow 2004; Hernández-Delgado, 2015; Singh *et al.*, 2019; Fischer-Kowalski *et al.*, 2020.

Segundo Chi *et al.* (2017) essas comunidades, além de portadoras de inúmeras atividades humanas, possuem valores ecológicos consideráveis para a manutenção da sustentabilidade. As atividades desenvolvidas no interior dessas comunidades insulares são mantidas para o desenvolvimento econômico local, bem como para a sobrevivência dos próprios ilhéus, no entanto, tendem a danificar o ecossistema natural.

Imbuídos por tais dilemas, Noll *et al.* (2019) evidenciaram que o aumento das demandas em estruturas físicas, a conectividade com o continente e o turismo são fatores que contribuem para a expansão dos estoques de materiais, da ilha de Samothraki, na Grécia. Esses estoques são caracterizados, como toda a estrutura física necessária para a manutenção das atividades humanas, tais como: instalações comerciais, habitações, rebanho, máquinas e demais artefatos.

Em nível internacional, estudos sobre a sustentabilidade das ilhas ganham destaques nas investigações de Barnett (2001), Singh *et al.* (2019), Shah *et al.* (2019), Millette *et al.* (2019), Singh *et al.* (2020), Merschroth *et al.* (2020), Fischer-Kowalski *et al.* (2020), Bahers (2020), Noll (2020), Marcos-Vall (2020), Noll *et al.* (2021) e Mohammadi *et al.* (2021).

Estas investigações se alicerçam na mensuração do desempenho metabólico das nações e em ambientes, onde os fluxos de materiais são medidos, que, por sua vez, mobilizam, abastecem e sustentam os processos de produção e consumo (Fishman *et al.*, 2014). Por exemplo, Mohammadi *et al.* (2021) analisaram o potencial circular, no lixo eletrônico de cinco ilhas do Caribe, os achados revelam que não há um gerenciamento adequado do lixo eletrônico nestas ilhas e que, possivelmente, os moradores tenham mantido parte deste lixo eletrônico como estoque em suas habitações.

É possível encontrar evidências antecedentes aos de Mohammadi *et al.* (2021), como os achados de Millette *et al.* (2019) que analisaram os fluxos de materiais em Trinidad e Tobago e constataram que 34.375 toneladas métricas de resíduos plásticos são encaminhadas para os aterros sanitários locais e estes, muitas provenientes de embalagens de produtos importados, a exemplo dos plásticos. Como sugestão Millette *et al.* (2019) apontam a proibição do poliestireno,

reciclagem das embalagens de Polietileno tereftalato (PET) e o uso de plástico Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), como combustível alternativo na produção de cimento.

Para Fischer-Kowalski (2020) direcionar o desenvolvimento local, significa compreender a capacidade dos ilhéus de sustentabilidade econômica e social, bem como estes ambientes são capazes de ser resilientes e contribuir para a qualidade de vida dos agentes que usufruem dos seus estoques. Na tentativa de avaliar os desafios futuros, relacionados à interação das atividades humanas com o meio ambiente, foram desenvolvidos modelos para mapear essa estrutura de uma forma sistêmica, conforme defendem (Pauliuk *et al.*, 2014).

Dada à relevância de tais reflexões, diversos esforços foram feitos no intuito de desenvolver ferramentas, para avaliar o metabolismo social, entre estes, a contabilidade de fluxo de materiais (MFA), constitui uma importante ferramenta de otimização e alocação de recursos, bem como propicia o entendimento da interdependência dos sistemas, tendo um papel relevante, para que os agentes sociais das esferas: pública e privada tomem decisões assertivas, afirmam (Chertow *et al.*, 2020).

A MFA refere-se a uma metodologia que avalia os sistemas, os fluxos e os estoques de materiais que são consumidos e transformados durante um espaço de tempo, conectando-os às fontes, aos caminhos e aos usuários intermediários e finais dos materiais, que são utilizados no ambiente construído, explanam (Brunner & Rechberger, 2004). Este conceito é subjacente ao princípio de balanço de massa, o qual estabelece que todos os insumos consumidos por uma comunidade, que são originários do meio ambiente, retornarão em forma de resíduos e emissões para o próprio ambiente, sustentam (Munõz & Hubacek, 2008; Wiedenhofer *et al.*, 2019).

Na visão de Chertow *et al.* (2020), para que o MFA seja utilizado de maneira integrada e eficiente, os pesquisadores precisam compreender, que não existe interdependência entre os sistemas de estudo e os sistemas relacionados, estes se conectam influenciando uma tomada de decisão acima do ideal. Além da análise de fluxo de materiais, outros métodos são utilizados para quantificar o estudo de metabolismo social, tais como: *substance flow analysis* (SFA), *physical input-output* (PILOT), *life-cycle analysis* (LCA), *material and energy flow analysis* (MEFA), e *multi-scale integrated analysis of societal and ecosystem metabolism* (MuSIASEM).

Noll *et al.* (2019) discorrem que a expansão destes estoques contribui para um melhor atendimento das demandas de serviços, no entanto, a contrapartida são as tensões relacionadas à gestão de resíduos e, conseqüentemente, ao desenvolvimento sustentável. O aumento e a manutenção destes estoques requerem a mobilização de fluxos de materiais e energia provenientes de fontes domésticas ou importações de outras sociedades (Chi *et al.* 2020., Singh *et al.*, 2022).

Para Haberl *et al.* (2017), muitos problemas relacionados à sustentabilidade estão vinculados à massa de recursos não renováveis que são extraídos do meio ambiente.. Haberl *et al.* (2017) exemplificam as emissões de resíduos lançados no meio ambiente, ao longo das décadas, que acabam influenciando as análises de fluxos de materiais ou energia que são consumidas nestes territórios.

Esta análise dos impactos ambientais nas entidades é tema de discussão nas ciências sociais aplicadas, a exemplo da Contabilidade, que tem direcionado seus olhares para a contabilidade do carbono, da água e da biodiversidade, emergindo preocupações com as externalidades, definidas aqui, como: os impactos de natureza social, ambiental e econômica, que interferem na tomada de decisão, pontuam (Bebbington *et al.*, 2021).

No que se refere às externalidades ambientais Tian *et al.* (2020) conceituam como um efeito ambiental causado por um sujeito socioeconômico, que está envolvido com atividades comerciais, mas que os custos e consequências ambientais não são assumidos por estes sujeitos, desta forma, essas externalidades podem ser vistas como negativas, visto que poluem o meio ambiente e prejudicam a reprodução das espécies.

Para Zerrahn (2017) uma externalidade negativa pode ser compreendida como um efeito externo aos mecanismos de controle, que tende a influenciar os indivíduos e as empresas, resultando na redução de sua utilidade ou conjunto de produção viável. Segundo Bebbington *et al.*, (2021) é necessário medir essas externalidades, aferindo-se dados de emissão e volumes de materiais, para que se possa mensurar o impacto para os grupos de interesses.

Neste entendimento, é citado a MFA como um dos possíveis métodos que podem estimar as pressões causadas pelas externalidades às entidades. Diante do exposto, destaca-se o potencial que a contabilidade ambiental possui, principalmente no campo da experimentação, visto que diversas foram as pesquisas e iniciativas voluntárias de campo, que culminaram no desenvolvimento da área (Bebbington *et al.*, 2021).

Na visão de Gray (1990), a contabilidade ambiental se relaciona com dois eixos: o primeiro refere-se à natureza e à funcionalidade dos sistemas, do qual os efeitos ambientais são causados, criando uma expectativa nos efeitos da intervenção da contabilidade ambiental; o segundo, relacionado aos fundamentos para atribuir a responsabilidade pelo impacto às organizações, como um conjunto de fatores éticos e morais, em que as relações entre natureza e o ser humano possam ser compreendidas.

No Brasil, mais especificamente na área contábil, esforços estão sendo realizados com o objetivo de aplicar tais métodos, a exemplo de Maldonado (2018), que investigou o metabolismo

da cadeia produtiva da castanha da Amazonas, no noroeste do Mato Grosso, por meio da metodologia do MuSIASEM, que apontou para a relevância da atividade de extração da castanha da Amazônia, como geradora de renda de grupos vulneráveis, a exemplo dos indígenas e assentados da reforma agrária, além de auxiliar na preservação ambiental daquele local.

Na perspectiva acima, os ecologistas industriais também estabeleceram a contabilidade de fluxo de materiais (MFA) como uma metodologia para avaliar o metabolismo social, afirmam (Chertow *et al.*, 2020). Assim, o estudo em questão investiga o arquipélago de Tinharé, situado no litoral sul da Bahia, região nordeste do Brasil, abrangendo cerca de 460 quilômetros quadrados, nestes, as ilhas de Boipeba e Cairu ocupam cerca de 20% e 25% do território, respectivamente, Boipebatour (2023).

Devido ao acima exposto, em 1992, o arquipélago foi declarado área de Proteção Ambiental, pelo Decreto Estadual nº 1.240, de 05 de junho de 1992, afirmam Rhommens *et al.* (2017). Na visão de Trevénin (2014) o ambiente construído do arquipélago de Tinharé origina-se de uma demanda “homogeneizadora urbana”, fruto do turismo local, onde a paisagem do arquipélago é modificada e sacrificada, para ser consumida pelos turistas e pelo espaço, criando estruturas modernas e patronizadas, como em sociedades capitalistas.

Em suas perquisições, Marcos-Vall (2020) menciona que a aplicação do conceito de metabolismo social e ecológico a uma ilha permite analisar, não apenas as configurações dos fluxos de entradas e saídas de energia e material, mas o quanto esses fluxos exercem pressão sobre o ambiente, outros fluxos e subsistemas.

Deste modo, torna-se oportuno desenvolver modelos que estimem os fluxos de materiais consumidos pelos estoques, em contextos específicos, como é o caso do Arquipélago de Tinharé, na Bahia. Estes modelos são importantes, pois servem como instrumento de controle da gestão dos resíduos sólidos da ilha e podem mitigar as pressões causadas pela intervenção humana e todas as consequências, advindas do manejo inadequado dos materiais, que compõem o ambiente construído. Além disso, os resultados podem auxiliar a gestão pública municipal a tomar decisões mais assertivas, no que tange a políticas e práticas de mitigação, que possam diminuir as externalidades negativas ambientais.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A gestão dos resíduos sólidos sempre foram pautas de discussões calorosas referentes à sustentabilidade, no entanto, a partir da década de 90, essa temática ganhou ênfase, principalmente, na tentativa de compreender como era realizada a gestão destes fluxos de resíduos em ambientes mais remotos, como é o caso das comunidades insulares, pontuam Eckelman et al. (2014) e os estudos realizados: na ilha de Samothraki, na Grécia, Fischer-Kowalski *et al.* (2020); em Trinidad e Tobago, no Caribe, Shah et al. (2019); Nova Caledônia, Bahers et al. (2020); Saint Martin, na Holanda, Popescu *et al.* (2020).

Segundo Eckelman *et al.*, (2014) esse movimento científico se deve, em virtude de que as ilhas, no passado, possuíam práticas agrícolas integradas, que faziam uso apenas dos nutrientes de resíduos humanos, animais e agrícolas, no entanto, com a ruptura deste sistema e com o advento dos materiais sintéticos, a quantidade de resíduos aumentou de maneira considerável, especialmente os resíduos plásticos.

De certo, o descarte inadequado destes resíduos e a falta de sistemas de gestão de fim de vida resultam em poluição costeira, perda de biodiversidade e diminuição da população natural, afirmam (Mohammadi *et al.* (2021). Segundo Kruger (2017) esses danos causados ao meio ambiente podem ser entendidos como externalidades negativas e, como tal, surgem quando uma atividade social ou econômica atinge outros grupos de atores sociais e, como consequência desta fricção, surgem os custos inerentes ao processo, que abrange desde a extração da matéria-prima até o desenvolvimento do produto, uso e descarte.

Adicionalmente, Kruger (2017) argumenta que essas externalidades trazem inúmeros prejuízos ao meio ambiente, tanto em escalas regionais quanto em escalas globais. A exemplo destes danos tem-se: a emissão dos gases de efeito estufa, poluição dos rios e mares, seca, escassez de alimentos, deterioração dos recursos não renováveis e limitação de água potável.

Bradshaw *et al.* (2020) afirmam que os serviços de hospedagens, alimentação, imóveis, embarcações e instalações de marinas são característicos do crescimento da indústria do turismo das comunidades insulares, e que, por consequência, necessitam de estruturas que se adequem a tais demandas. Síncrono a tal expansão, observa-se que, nos anos 2000, nas décadas iniciais, mais precisamente, a geração de resíduos turísticos, nos ambientes insulares se tornou um problema.

Os impactos ambientais causados pela industrialização, em conjunto com a rápida expansão urbana, têm chamado atenção das políticas globais e nacionais, principalmente para as questões relacionadas às mudanças climáticas, esgotamento de recursos minerais, escassez de água e alimentos e acúmulo de resíduos, acentuam (Schandl *et al.*, 2017). Dando ênfase aos resíduos, Camilleri-Fenech *et al.* (2018) apontam, que a gestão destes sólidos é um desafio administrativo,

social e de mercado e que, por sua vez, é uma fonte de problemas ambientais, que podem ser aplicados nas ilhas.

No Brasil, existem diversos arquipélagos, tais como de Marajó, Tinharé, Anavilhanas, Atol das Rocas, Abrolhos e Fernando de Noronha. Estes dois últimos, estão inscritos na lista da UNESCO, como Patrimônio Natural Mundial e são considerados importantes para a manutenção da vida marinha e costeira. Fernando de Noronha, por exemplo, possui as maiores colônias reprodutivas de aves marinhas e de variadas espécies exóticas de peixes, esponjas, algas, moluscos e corais (IPHAN, 2023). Sua visitação é controlada e há um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGIRS), que desenvolvem “ações de educação ambiental, ações para implementação da coleta seletiva, definição de calendário para coleta domiciliar, contentores de resíduos na ilha e realização de oficinas de coleta seletiva e compostagem para a população local” (NORONHA, 2023).

Não obstante, (Bittencourt, 2018; Brasil, 2022) salienta, que o Arquipélago de Tinharé, na Bahia, apresenta peculiaridades, por mais que, em 1992, tenha sido aprovado o plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental das Ilhas de Tinharé, pelo Decreto n.º 1.240 de 05/06/92, as políticas de gestão de resíduos não são controladas de maneira efetiva, não havendo registros oficiais do manejo destes materiais, embora o decreto tenha sido instituído para desenvolver: programas de controle e desenvolvimento, defesa, recuperação, conservação e educação ambiental.

A falta de informações adequadas e de práticas de controle da poluição ambiental faz com que haja um descontrole, referente aos problemas causados pela gestão de resíduos sólidos, como por exemplo, a proliferação de vetores responsáveis pela transmissão de várias doenças, que tendem a desvalorizar a região e às propriedades no seu entorno (Bittencourt, 2018; Brasil, 2022). Deste modo, as comunidades insulares terão que gerenciar as pressões causadas pelo turismo local, como o escoamento e manejo dos resíduos sólidos.

Segundo Hof e Schimitt (2011) este gerenciamento deverá ser realizado, principalmente com relação aos recursos hídricos, como o caso dos *resorts*, que terão que lidar com a demanda de água potável, para atender às necessidades dos hóspedes. Além disso, estes empreendimentos terão que se preocupar com o aumento das temperaturas e secas prolongadas, que podem acarretar práticas emergenciais, como por exemplo, a de dessalinização e reutilização da água.

Deste modo, segundo documento das *United Nation Environment Programme* (2021), um dos grandes desafios promovidos pelo turismo é o da sustentabilidade. Assim, políticas e

programas pró-ambientais devem ser um tópico tratado de maneira emergencial, pelos governos e gestores de grandes redes hoteleiras.

Neste contexto, a ONU (2021) aponta o plástico como um dos grandes vilões da sustentabilidade. Em termos de projeção, estima-se que até 2050, a indústria do plástico poderá ser responsável por 20% do consumo total de petróleo. A fim de compreender melhor o metabolismo dos resíduos plásticos em Trinidad e Tobago, Shah *et al.* (2019) concluíram que alguns esforços foram feitos pelas entidades locais, principalmente no que se refere à gestão de resíduos perigosos, todavia, em se tratando do plástico, não se percebeu nenhum esforço significativo, e as consequências já foram notadas pelas entidades e população local, tais como: entupimentos de cursos d'água, bem como o grande volume garrafas plásticas presentes nas praias locais.

Noll *et. al* (2019) discorrem que as ilhas representam um caso especialmente interessante para a pesquisa de sustentabilidade, pois os problemas relacionados ao meio ambiente costumam ser mais visíveis nesta região, do que nas do continente. Singh *et al.* (2020) discorrem que, em uma época de mudanças climáticas, as comunidades insulares deverão passar por uma transformação para a sustentabilidade, onde o meio ambiente sofra menos degradação e a população possa usufruir de uma melhor qualidade de vida. Singh *et al.* (2020) pontuam que “isso exigirá uma mudança fundamental na maneira como as pequenas ilhas respondem aos problemas e a maneira como concebem o desenvolvimento”.

Segundo Fischer-Kowalski *et. al* (2020), é necessário que se entenda como o desenvolvimento sustentável local poderá contribuir para a qualidade de vida e renda dos ilhéus, ao mesmo tempo em que haja uma melhoria na resiliência do ambiente natural. Para isso, é necessário que as ilhas ganhem atenção nas pautas de sustentabilidade, sendo conduzidas para a “vanguarda da gestão e planejamento ambiental”, principalmente quando se trata de ambientes isolados, onde há limitações de recursos, tais como: água doce e solos férteis, o que exige uma atenção com a sustentabilidade, defendem (Deschenes e Chertow, 2004).

Segundo Singh *et al.* (2020) a extração de recursos e a liberação de subprodutos ocorrem em um espaço limitado e, como tal, devem-se observar as externalidades ambientais, que geralmente estão vinculadas ao uso destes recursos. Outra questão sinalizada por Singh *et al.* (2020) refere-se aos eventos climáticos que atingem as pequenas ilhas e, por serem considerados ecossistemas frágeis, estes ambientes não resistem a tais pressões e as perdas tendem a ser significativas, se comparadas ao tamanho da economia insular.

Para Simron *et al.* (2020), o colapso metabólico em pequenas ilhas pode ser rápido, pois essas comunidades sofrem tanto com perturbações causadas por fenômenos naturais, quanto

devido ao esgotamento dos recursos naturais, fundamentais para a sobrevivência dos ilhéus. Pontuam ainda, que tais circunstâncias são propícias para que haja um aumento no risco metabólico, além dos custos fiscais e ambientais. Por conta de tais riscos, demanda-se da utilização de uma metodologia, que mapeie os fluxos de materiais destas comunidades, a exemplo do MFA.

Para Chertow *et al.* (2020), quantificar os fluxos de materiais de uma região não é uma tarefa fácil, isso estende-se a análise de uma cidade ou país. Ainda, segundo o autor, a disponibilidade de dados, a falta de detalhamento dos fluxos, bem como de esforço na coleta dos dados e monitoramento, por meio de “fronteiras jurisdicionais porosas” são barreiras para a aplicação do MFA.

Na compreensão de Pauliuk e Muller (2014), a análise dos fluxos de materiais é necessária, pois permite um tratamento mais adequado e consistente dos estoques, em uso nos diferentes modelos de metabolismo social. Adicionalmente, a análise destes fluxos possibilita a compreensão das diferentes atividades humanas, prestação de serviços, estoque em uso e rendimento de energia e material. Complementam os autores, que este entendimento permite quantificar a relação entre o bem-estar humano e o uso de recursos, oportunidades de reciclagem, geração de resíduos e emissões de gases do efeito estufa.

Todavia, por mais que nas últimas décadas, as discussões envolvendo a sustentabilidade corporativa tenham-se acalorado e materializado em ações, nos níveis estadual e regional, entretanto, no que concerne aos planos de ações ambientais, movimentos sobre o clima, fluxo de materiais e biodiversidade, ainda há poucas ações efetivas que respondam de maneira rápida e eficiente a crise climática, alertam (Tregidga & Laine 2021).

Na visão de Tregidga e Laine (2021), alguns esforços estão sendo vistos, no que tange às práticas de evidenciações ambientais corporativas, onde há uma preocupação em comunicar as partes interessadas os objetivos e as práticas e políticas de desempenho sustentável. Assim, essas divulgações trazem consigo informações não financeiras, para juntar-se com informações financeiras e, assim, prestar conta em vários níveis.

Neste contexto, para Bahers *et al.* (2020), têm-se as ilhas como ambientes potencializadores para tais estudos e discussões e a contabilidade pode auxiliar na evidenciação, compreensão e divulgação dos impactos causados no ecossistema local, pelas organizações que estão sediadas naquela comunidade.

Porém, acrescentam os autores, que para que haja efetivamente este auxílio, faz-se necessário o desenvolvimento de modelos adequados de evidenciação, visto que, na maioria das vezes, estes modelos não estão contemplados nas ciências sociais aplicadas, como é o caso da

Contabilidade. Assim, tem-se o MFA como metodologia capaz de auxiliar as comunidades insulares na contabilização dos fluxos de resíduos consumidos e descartados pelas entidades.

Desta forma, a abordagem deste método é um convite para que os pesquisadores de áreas distintas interajam com abordagens sociopolíticas, econômicas e sociais, em que as reações institucionais são formadas e normatizadas, pontuam por Bahers *et al.* (2020).

Tendo em vista as discussões contempladas pela literatura e discutidas nesta sessão, essa tese se propõe a responder o seguinte problema de pesquisa:

Como a contabilidade de fluxos de materiais contribui para a construção de um modelo do metabolismo insular do arquipélago de Tinharé na Bahia?

Noll *et al.* (2019) descrevem que os resíduos gerados pelos humanos, animais e artefatos físicos são inerentes aos compartimentos biofísicos da sociedade e, como tais, são denominados estoques sociais, nos quais existe uma troca de materiais e energia, entre estes elementos humanos e não humanos, onde a quantidade e qualidade destes fluxos exercem uma pressão ambiental. Essas pressões são causadas pela expansão da fronteira agrícola, extração ilegal de madeira, construção de grandes infraestruturas, enfraquecimento das regulamentações ambientais e demanda por alimentos e madeira, (Grima *et al.* 2017).

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

OBJETIVO GERAL

Demonstrar como a contabilidade de fluxos de materiais contribui para a construção de um modelo do metabolismo insular, voltado para o arquipélago de Tinharé, na Bahia, região nordeste do Brasil.

1.2.1 Objetivos Específicos

a) Apresentar um modelo de contabilidade de fluxo de materiais aplicado ao arquipélago de Tinharé, na Bahia;

- b) Fornecer uma abordagem integrada de análise de fluxos de materiais do arquipélago de Tinharé, na Bahia;
- c) Demonstrar como deve ser realizada a aplicação do MFA e seus desafios para as pequenas economias insulares.

1.3 A TESE

Entre as diversas abordagens utilizadas pelos ecologistas industriais, a contabilidade do fluxo de material (MFA) é uma das mais relevantes, pois se trata de um mecanismo para avaliar o metabolismo da sociedade humana, sendo um forte aliado para o mapeamento e a contabilização dos materiais consumidos, pelas diversas comunidades, ponderam (Cherton *et al.* 2020). Acrescentam também, que a utilização do MFA não poderá inibir as relações existentes entre o sistema estudado e outros sistemas relacionados, pois tal independência pode levar a uma tomada de decisão equivocada, por parte dos investigadores.

Neste contexto, a contabilidade de fluxo de materiais monitora todos os fluxos de materiais de uma economia, seja as urbanas ou as insulares e, por vezes, se classificam em abrangentes, uma vez que fornecem dados para o desenvolvimento de relatórios ambientais, afirmam (Habert *et al.*, 2019).

Segundo Bahers *et al.* (2020) as abordagens voltadas para o entendimento do metabolismo insular possibilitam a compreensão de como estes territórios dependem da exploração dos recursos naturais realizadas localmente, para o atendimento das demandas mundiais. Como exemplo da extração destes recursos, têm-se os minerais, água em depósitos subterrâneos ou utilização da vegetação local, como consequência, essas atividades levam à produção excessiva de resíduos, quando comparados aos números de habitantes (Bahers *et al.*, 2020).

Assim, o descarte inadequado destes resíduos gera consequências diversas para ilhas, tais como: poluição costeira, perda da biodiversidade, diminuição da população local e emigração, acrescentam (Mohammadi *et al.* 2021; Ratter, 2018). Muitos destes impactos são causados unicamente pela intervenção humana no meio ambiente, desta forma, quando a população insular utiliza o capital natural de maneira desenfreada, mais do que a disponibilidade existente na ilha, estes se tornam devedores ecológicos, o que tangencia problemas relacionados à resiliência insular, conclui (Ratter, 2018).

Neste sentido, faz-se necessário atentar para as ações e programas que contribuem para a resiliência ambiental, como tais práticas devem ser avaliadas e como os atores econômicos serão

penalizados, definem (Bebbington *et al.*, 2021). Ainda segundo cabe à contabilidade ambiental questionar até que ponto o capitalismo financeiro – tido aqui como o lucro, expansão territorial, consumo, eficiência econômica, separação de propriedade e controle, é compatível com uma preocupação ativa com o mundo natural.

Bebbington *et al.* (2021) acrescentam, que para a compreensão da dinâmica insular, e dos fluxos de materiais consumidos pela população e organizações locais, são necessárias ferramentas que contabilizem e estimem os fluxos e as pressões causadas ao meio ambiente, levando-se em consideração a necessidade de uma resiliência insular, necessária nestas comunidades.

Diante dos argumentos mencionados, defende-se a tese de que **a contabilidade de fluxo de materiais contribui para a construção de um modelo, para avaliar o metabolismo insular, do arquipélago de Tinharé, na Bahia.**

1.4 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÕES DA TESE

A justificativa desta tese está alinhada ao fornecimento de contribuições de teor prático, gerencial, teórico e social. Tais contribuições tornam-se uma pedra angular para o desenvolvimento e originalidade do estudo, no âmbito da Contabilidade de fluxos de materiais e resíduos.

Conforme Bebbington *et al.* (2021), ao tratar da contabilização das externalidades tem-se um campo fértil para pesquisas, na área das ciências sociais aplicadas, desta forma, a Contabilidade torna-se umas das disciplinas fundamentais, na compreensão do impacto causado pelas entidades ao meio ambiente e sua interferência no metabolismo social.

Bebbington *et al.* (2021) acrescentam, que a contabilização das externalidades possibilita compreender as principais mudanças que precisam ser feitas, dentro das organizações sociais, uma vez que , contribui para que os atores desta mudança sejam identificados, como também, responsabilizados pelas pressões que causam ao meio ambiente. Neste sentido, Garcia-Torea *et al.* (2022) ressaltam a necessidade de intercâmbio entre as disciplinas das Ciências Sociais, Garcia-Torea *et al.* (2022), reforçam que essas interdisciplinaridades contribuem para o avanço da compreensão da interação entre a contabilidade e as organizações, além de estreitar as conexões entre ciência e sociedade.

Haberl *et al.* (2019) mencionam que as investigações interdisciplinares auxiliam na composição do conhecimento científico de diferentes disciplinas, sejam elas relacionadas as ciências naturais, sociais ou das humanidades. Desta forma, a contabilidade ambiental possui um

papel importante, ao buscar compreender como os sistemas econômicos criam resultados, que minam os sistemas ecológicos, nos quais repousam os seres humanos e outras espécies.

Todavia, segundo Pauliuk e Muller (2014), ainda há uma falta de compreensão, de como os diferentes estoques colaboram com a transição de um novo regime metabólico. Ainda, segundo Pauliuk e Muller (2014) este fato está relacionado ao tratamento superficial das unidades populacionais, bem como aos diferentes modelos de avaliação destes estoques, aqui entendidos, como todos os materiais humanos e não humanos, que contribuem para o suprimento da necessidade dos indivíduos de um país, região ou comunidade.

Assim, essa investigação se propõe a demonstrar como a contabilidade de fluxos de materiais contribui para o desenvolvimento de modelos, que avalie o metabolismo insular do arquipélago de Tinharé, na Bahia, com perspectivas de contribuições plurais, tais como: fornecer diagnósticos dos fluxos de resíduos, na tentativa de compreender a relação estabelecida entre o homem a natureza e as externalidades negativas causadas pelas organizações, que mantém a economia local, bem como fornecer um modelo, que possibilite a contabilização dos fluxos de materiais e como este poderá contribuir com a gestão orçamentária municipal, uma vez que se deve alocar parte dos recursos públicos, para o desenvolvimento de políticas ambientais da região de Tinharé.

No ambiente acadêmico, espera-se que essa investigação contribua para o desencadeamento de temáticas relacionadas ao MFA, principalmente no campo das ciências sociais aplicadas. O método também poderá servir de apoio para o desenvolvimento de políticas ambientais, em entidades públicas e privadas, que estão situadas em regiões mais remotas e que necessitam de informações, referente ao reconhecimento e mensuração de eventos, que são nocivos ao meio ambiente, como por exemplo, os modelos de mensuração do capital natural, que ainda são considerados insuficientes, despadronizados e inconclusivos.

Hein et al. (2020); Furtado & Panhoca (2020); Zhang et al.(2023) corroboram, que tais modelos, tendem a dificultar o reconhecimento pelas empresas que divulgam o relato integrado e demais relatórios de sustentabilidade. Destacam, neste sentido, que se torna fundamental desenvolver modelos que integrem os fluxos de materiais consumidos por uma comunidade, em uma estrutura de capital natural concisa, que possa facilitar a mensuração do metabolismo insular, em suas múltiplas perspectivas.

Desse modo, as pesquisas neste escopo tendem a tomar dimensões diversas, ao passo que o metabolismo poderá ser analisado em uma região, cidade ou estado, bem como nas pequenas empresas de maneira individual. Para Bebbington *et al.* (2021), essas investigações são importantes, pois tendem a aliviar alguns problemas causados pela deficiência de algumas práticas

e convenções contábeis, que estão consubstanciadas no olhar tradicionalista da área. Nesta perspectiva, o presente estudo atende aos anseios do *International Financial Reporting Standards*, por meio do *International Sustainability Standards Board* (ISSB), que identificou três projetos de pesquisas em potencial relacionados à sustentabilidade, entre eles têm-se as pesquisas relacionadas com a biodiversidade, ecossistemas e serviços ecossistêmicos. Os estudos, nesta vertente, apoiam os trabalhos do ISSB, na aplicação da IFRS S1, que trata da divulgação de Informações financeiras relacionadas à sustentabilidade e IFRS S2, que se refere à divulgação relacionada ao clima.

Em termos de contribuições sociais, a pesquisa em questão possui relevância ao compreender a relação entre o homem e o ambiente construído, no qual eles desenvolvem interações e possuem dependência de seus recursos ambientais, ao passo em que há uma necessidade de preservação ambiental, para a manutenção da resiliência insular, destas comunidades. Propor modelos para compreensão do metabolismo insular é relevante, em virtude do seu auxílio no desenvolvimento destas comunidades, além de dar ênfase aos objetivos do desenvolvimento sustentável, principalmente, no que tange às Sustainable Development Goals ODS (6) água potável e saneamento, (7) Energia limpa e acessível, (11) cidades e comunidades sustentáveis, (12) consumo e produção responsáveis, (13) ação contra a mudança global do clima, (14) vida na água e (15) vida terrestre.

Em termos de originalidade, esta tese, propõe o desenvolvimento de um modelo de MFA, que poderá ser aplicado em um ambiente pouco explorado pelas investigações em contabilidade, principalmente, ao tratar de metabolismo insular no arquipélago de Tinharé, na Bahia. Ao aproximar temáticas tradicionalmente tratadas em outras ciências para o âmbito contábil, tem-se uma maior riqueza em termos científicos, notadamente no que tange ao estudo das externalidades ambientais. Para Unerman *et al.*, (2018), essas externalidades são desencadeadas por impactos sociais, ambientais e econômicos, oriundos das atividades de uma entidade, que até então são ignorados e, que seus impactos financeiros não são vistos no curto prazo.

Em suas inquietações acadêmicas Gray *et al.*, (1996) chamaram a atenção para que a Contabilidade estenda seus olhares para além dos limites organizacionais. Os autores reforçam a necessidade de uma visão sistêmica das implicações de qualquer decisão ou ação, que venha impactar as entidades públicas e privadas, a exemplo, tem-se as más decisões organizacionais, que impactam o meio ambiente.

Nesta perspectiva, Tregidga e Laine (2022) argumentam que muitas práticas de contabilidade ambiental estão sendo inseridas, a fim de equiparar novas formas de capital ao capital financeiro, auxiliando, assim, a tomada de decisões, por múltiplos capitais. Por exemplo, a edição especial de março de 2022 da *Critical Perspectives on Accounting* abordou tópicos

relacionados à Contabilidade, prestação de contas e animais, tendo como objetivo discutir animais, responsabilidade, poder e ética, dentro da Contabilidade.

Assim, acredita-se que há espaços para as investigações como é o caso desta Tese, na qual se entende que as organizações, que fazem parte do arquipélago de Tinharé poderão tomar melhores decisões sobre o descarte dos resíduos problemáticos, conscientizando seus colaboradores e desenvolvendo medidas paliativas, para diminuir a degradação ambiental. O poder público também se beneficiará das informações que o modelo fornece e, a partir de um interesse coletivo aplicar o MFA como um possível método de mensuração do metabolismo insular, do Arquipélago de Tinharé e adjacências. De modo adicional, Deschenes e Chewton (2004) reforçam que os sistemas insulares apresentam excelentes oportunidades para aplicação de ferramentas derivadas da ecologia industrial, pois é um campo de desenvolvimento econômico e humano.

Os sistemas insulares apresentam uma excelente oportunidade para a aplicação das ferramentas da ecologia industrial. Singh *et al.*(2023) reconhecem que a preocupação por parte dos pesquisadores, até o momento, tem sido na criação de modelos de gerenciamento de resíduos, que deem suporte às decisões gerenciais e o quanto estes modelos incentivam as práticas modernas de gestão de fluxo de materiais.

1.5 ORGANIZAÇÃO DA TESE

Esta tese está organizada em cinco capítulos: o primeiro é composto pela estruturação do projeto de tese. Assim, tem-se como tópicos a introdução, os objetivos do estudo, tanto o geral quanto os específicos, na sequência a justificativa do estudo, em termos prático, teórico, social e gerencial. O capítulo 2 é intitulado plataforma teórica, onde são desenvolvidos os tópicos referentes à temática estudada. Inicialmente, este autor achou de bom tom situar os leitores sobre a teoria das externalidades e como a Contabilidade pode contribuir para a mensuração destes eventos, que impactam o meio ambiente. Na sequência, entretanto, as discussões pairam no metabolismo urbano, que é antecedente ao metabolismo insular, principal linha de estudo desta tese. Neste contexto, para compreensão do metabolismo insular faz-se necessário discutir sobre os estudos pioneiros, que contribuíram com o desenvolvimento da área. Nos capítulos que seguem 3, 4 e 5 são apresentados os procedimentos metodológicos, a análise e discussão do modelo e pôr fim, a conclusão do estudo, suas contribuições e olhares futuros sobre a temática.

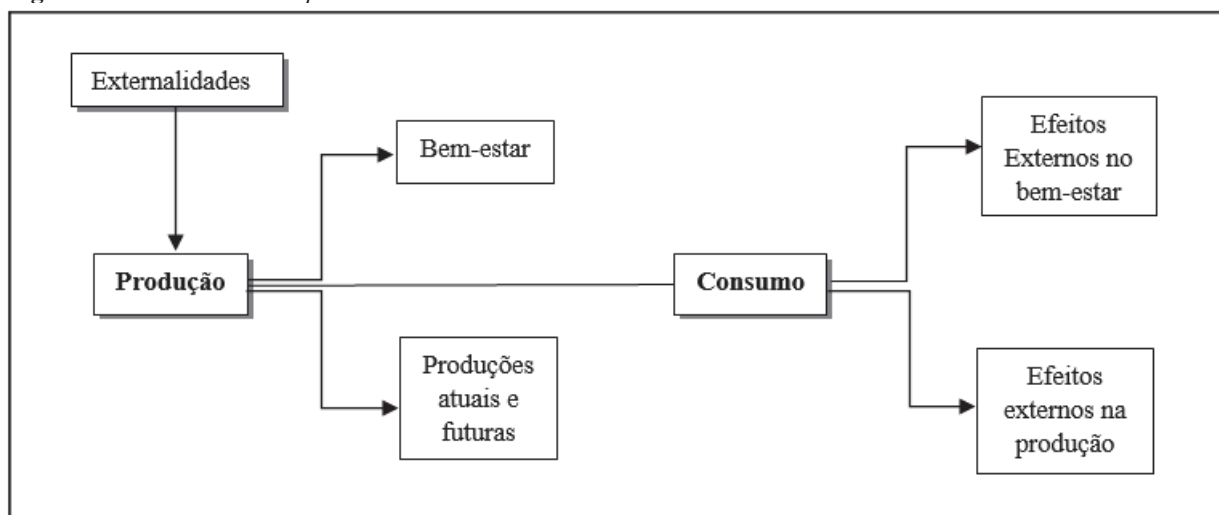
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 EXTERNALIDADES AMBIENTAIS E CONTABILIDADE

Diversas são as discussões sobre as intervenções humanas no meio ambiente, bem como a relação de dependência que o primeiro possui sobre o segundo. No entanto, é sabida, a existência das consequências nocivas, estabelecidas nesta relação, problemas que afetam o meio ambiente e que são tratados como externalidades ambientais e são discutidos pela lente da economia ambiental, afirmam (John & Pecchenino 1997; Van de Berg, 2010).

O conceito de externalidades foi iniciado por Pigou (1920) em seu livro intitulado *The Economics of Welfare*, onde discorre sobre questões voltadas para a economia, bem-estar e problemas relacionados à poluição. Mais tarde, tais discussões tomariam abrangência significativa, o que levou ao surgimento de duas linhas econômicas, que tinham como discussão central, os problemas relacionados à poluição, ambas visando compreender os efeitos negativos do consumo sobre os recursos naturais e como desenvolver políticas e práticas econômicas, para estancar tais problemas, defendem (Chechin & Veiga, 2010). Para John e Pecchenino (1997) existem quatro canais possíveis para externalidades e estes podem ser originados da produção ou do consumo como vistas na Figura 1.

Figura 1: Canais Possíveis para Externalidades



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de Jhon & Pecchenino, 1997.

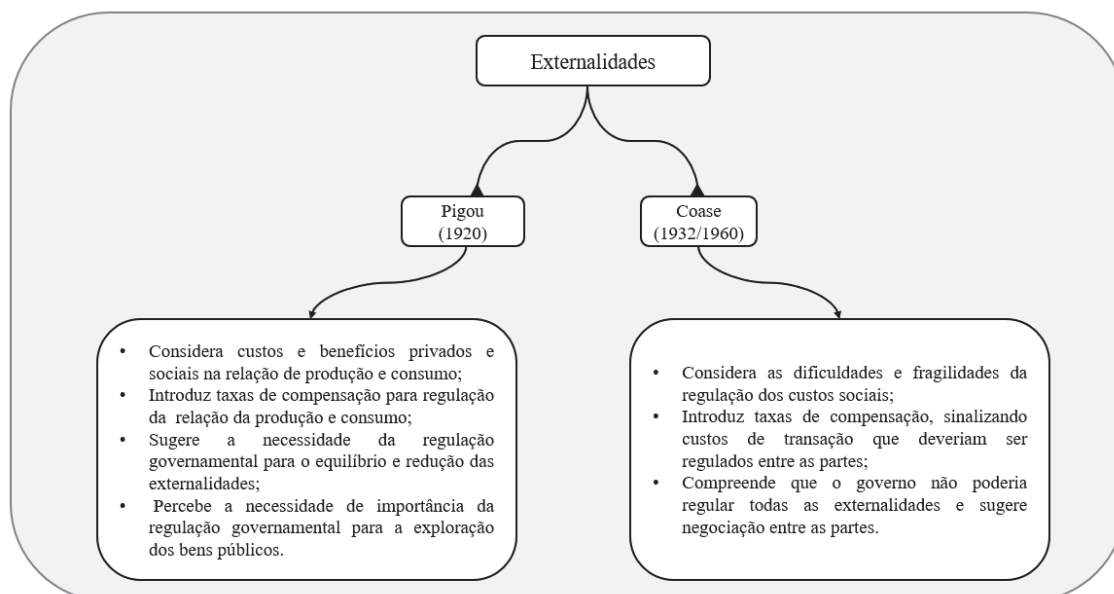
Conforme visto na Figura 1, as externalidades possuem um canal direto com a produção e o consumo. Por sua vez, a produção pode impactar diretamente o bem-estar, como por exemplo, no caso da extração de madeira, que pode ocasionar na extinção de alguma espécie, que possui

valor para os consumidores. Do mesmo modo que à produção também afeta a oferta de produtos e serviços, além de causar a poluição dos mares e oceanos, impactando no estoque de peixes. No terceiro momento ver-se o consumo como um canal que poderá ter efeitos externos sobre o bem-estar, como a emissão de gases poluentes, por veículos automotores. Assim como, o consumo também poderá ter efeitos externos sobre a produção, por exemplo, o aumento de CO² na atmosfera, tende a causar o efeito estufa, que, por conseguinte, poderá influenciar na produção agrícola e no desaparecimento de comunidades insulares.

Essas externalidades podem ser entendidas como impactos de natureza social, ambiental e econômica, oriundas das atividades de uma entidade, e, como tal, são suportadas por organizações que não estão relacionadas com a entidade de origem, afirmam (Unerman *et al.*, 2018). Para John e Pecchenino (1997) as externalidades são originadas do consumo, um subproduto, assim, apenas a produção de bens de consumo agride o meio ambiente. Na visão de Kruger (2017) as externalidades podem ser percebidas no decorrer de um ciclo de vida de um produto, podendo ser visualizado desde a extração da matéria prima, até a transformação em produto e, posteriormente, em consumo e descarte.

Desta forma, estas externalidades são custosas para as comunidades, e tendem a ter uma abrangência regional e global, ao passo que contribuem para a poluição do solo, do ar e da água, tendo, assim, consequências negativas, pois afetam a maneira de viver e conviver dos seres humanos e demais espécies vivas. De certo, este é um custo social, que é influenciado pelas relações estabelecidas entre o homem e a natureza. Essa discussão é afluada por Ronald Coase (1960), em seu livro intitulado “O problema do custo social”, o economista propõe a introdução de taxas para equilibrar a relação de consumo, o que mais tarde fora nomeada de taxas pigouvianas e taxas couseanas, influenciada também pelos pensamentos de Pigou (1920).

Assim, tanto as discussões introduzidas por Pigou (1920) quanto a de Ronald Coase (1960), são importantes para a compreensão das externalidades positivas e negativas do meio ambiente. Os economistas supracitados chama atenção para as consequências geradas da exploração das atividades econômicas. No entanto, é importante destacar que tanto Pigou (1920) quanto Coase (1960) tinham perspectivas distintas sobre as externalidades, a Figura 2 contempla tais discussões.



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de Joskow (1992), Banzhaf *et al.* (2013) e Kruger (2017).

Por meio da Figura 2, é possível compreender os enfoques dados às externalidades por Pigou e Coase. O primeiro reconhece os custos oriundos da produção e do consumo, como visto também na Figura 2, além de dar ênfase às questões de taxaço para regulação, tanto da produção quanto do consumo. Assim, Pigou (1920) direciona esforços para a necessidade de regulação governamental para o equilíbrio e redução das externalidades ambientais, bem como para a exploração dos bens públicos. Em sua obra Pigou (1920) dá ênfase às externalidades como consequências das atividades empresariais, que podem ser percebidas na relação da produção e consumo de bens públicos.

No que tange às discussões de Coase (1960) tem-se a preocupação com a regulação dos custos sociais. Para Coase (1960) é importante que acordos sejam firmados entre as partes afetadas (prejudicadas) e infratores (poluidores). Ainda, para Coase (1960), a regulamentação governamental tente a diminuir os custos de transação para problemas maiores. Assim, é importante destacar a importância dos dois pensadores, para o desenvolvimento da economia ambiental, visto que as discussões acerca das externalidades possuem pontos de intersecções que refletem nas questões econômicas e ambientais, que atualmente são debatidas.

Na visão de Van den Bergh (2010), as externalidades são inerentes à vida, assim, não existe um nível zero de externalidades, a possibilidade de existência deste índice seria irrealista. Ainda, segundo Van den Bergh (2010) isso se deve a alta densidade populacional e estes indivíduos competem por espaço, terra, ar limpo, água e, paralelo a tais necessidades, existem o desperdício, poluição e declínio da qualidade e quantidade de recursos.

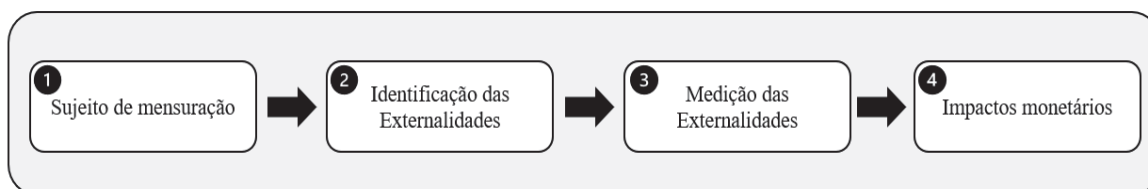
De modo adicional Bithas (2011) expõe que os impactos causadores de externalidades ambientais possuem “tentáculos” físicos no tempo e no espaço. Por conseguinte, Bithas (2011) discorre que o problema da insustentabilidade está direcionado a como essas externalidades afetam as gerações futuras e os indivíduos, em locais geograficamente distantes. Estes indivíduos muitas vezes não conseguem influenciar as decisões econômicas que determinam uma excelente estrutura ambiental, que afetará seu bem-estar.

Em suas perquirições, Fazin (2006) menciona três aspectos das externalidades ambientais, que são cruciais para a concepção de instrumentos de políticas corretivas. I) Integração do ecossistema, quando a utilização dos seus recursos naturais cause externalidades diretas e indiretas ao ambiente. II) Natureza intertemporal das externalidades, em que a utilização dos recursos naturais, pode causar impactos negativos, para as gerações presentes e futuras. III) Desenvolvimento de ações corretivas, para sanar os danos causados ao meio ambiente, tais como os relacionados à cima, gases do efeito estufa e outros.

Essas políticas corretivas devem ser pensadas de maneira interdisciplinar, principalmente no que se refere à prestação de contas das entidades e da utilização de materiais, que geram externalidades ambientais negativas. No âmbito contábil as preocupações pairam em, como tais externalidades podem afetar a tomada de decisão; bem como no desenvolvimento de técnicas que tornem os problemas da sustentabilidade mais visíveis como discutido por Bebbington *et al.*, (2021).

Segundo Unerman *et al.* (2018) muitas questões relacionadas as externalidades ficam opacas nos relatórios corporativos, a exemplo dos financeiros e de sustentabilidade. Assim, muitos impactos financeiros, relacionados às externalidades, não são comunicadas de maneira sistemática. Bebbington *et al.* (2001) descreve que os experimentos contábeis sobre externalidades seguem uma abordagem genérica em quatro etapas, como mostra a Figura 3.

Figura 3: *Abordagens contábeis sobre as externalidades*



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de Bebbington *et al.* (2021)

Como visto na Figura 3, no primeiro momento é necessário especificar o que estará sujeito à mensuração, segundo Bebbington *et al.* (2001) isso poderá ser uma atividade definida, um produto ou toda organização. No segundo momento, é necessário identificar as

externalidades, podendo ser um subconjunto de impactos sociais e ambientais ou conjuntamente agregadas, Neste ponto é necessário quantificar, o número de camadas de externalidades identificadas. No terceiro passo há necessidade de mediar as externalidades, utilizando-se parâmetros de medição como peso ou volume de materiais usados. Em quarto lugar, as contas devem traduzir os impactos monetários das externalidades, que foram medidas, Faz-se necessário monetizar tais impactos, para o sujeito observado. Estes passos não são simples, há diversos relatos de como os procedimentos adotados são diferentes, pois cada sujeito poderá mediar as externalidades, segundo seus parâmetros, conclui Bebbington *et al.* (2001)

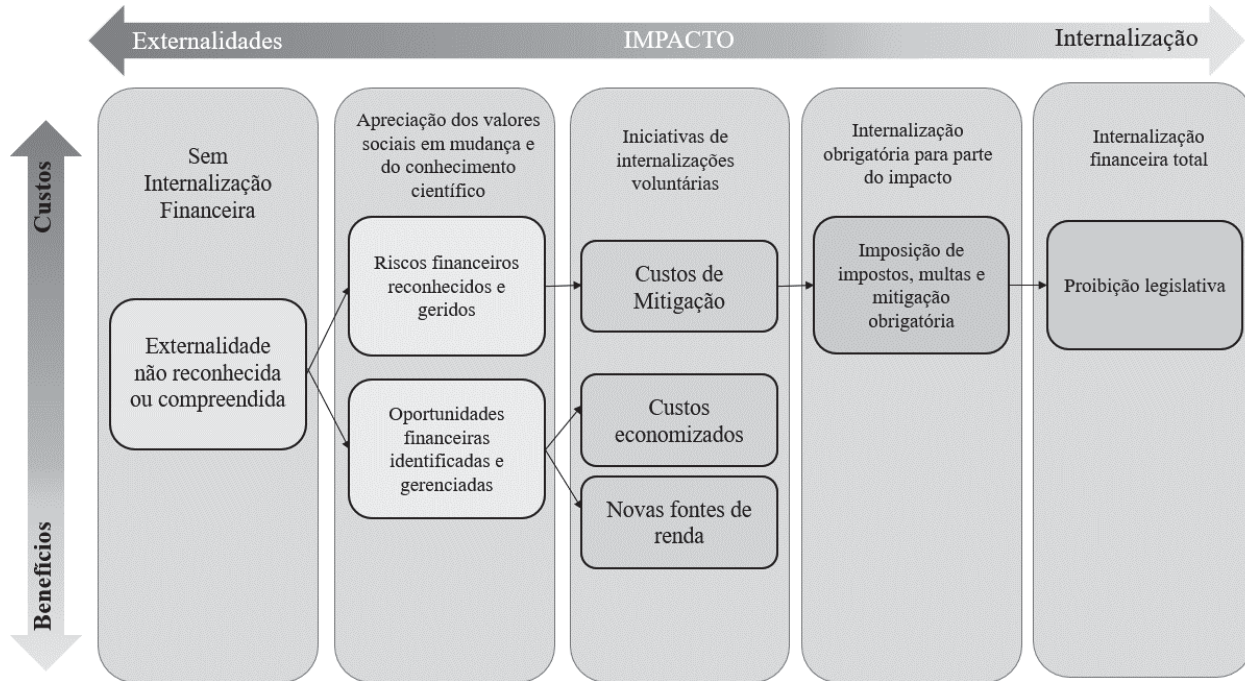
A contabilidade das externalidades sofre fortes influências da visão econômica neoclássica dominante, dos problemas ambientais. Assim, faz-se necessário aproximar o meio ambiente, no âmbito da análise econômica, sendo uma das alternativas de lidar com as externalidades. Isso inclui aspecto do “poluidor-pagador” o uso de tributação para fazer jus aos impactos ambientais causados pelas organizações e as cotas para o uso de recursos ambientais, defende (Bebbington *et al.*, 2021). No âmbito contábil, diversas são as contribuições empíricas que auxiliam na discussão sobre as externalidades ambientais, apontam (Unerman *et al.*, 2018; Kruger 2017; Bebbington *et al.*, 2021; Tregidga & Laine, 2022; Cho *et al.*, 2022, Garcia-Torea, 2022).

No Brasil, tem-se a investigação de Kruger (2017), que teve como objetivo estabelecer um conjunto de indicadores e métricas para avaliação da sustentabilidade da produção suinícola, visando à evidenciação das externalidades positivas e negativas da atividade. Por meio de entrevistas com especialistas, a pesquisadora desenvolveu um modelo denominado Sistema de Gestão e Avaliação da Sustentabilidade Suinicultora – SIGEASS e aplicou, em três propriedades rurais, voltadas para a criação de suínos. Os resultados demonstraram a existência de diversas externalidades ambientais negativas, nestas propriedades e, que as soluções pairavam no manejo adequado dos dejetos da produção, evitando, assim, problemas de poluição do solo, ar e efeito estufa.

Em seu trabalho Unerman *et al.* (2018) refletem sobre a importância de a contabilidade reportar externalidades, essas por sua vez compreendem os impactos sociais, ambientais e econômico, mas que a curto prazo não repercutem diretamente em consequências financeiras. Adicionalmente, Unerman *et al.* (2018) discorrem que é necessário a quebra dos “silos” de relatórios financeiros e relatórios de sustentabilidade, pois a partir desta quebra, haverá uma maior compreensão das externalidades negativas e positivas e, estas, por sua vez, podem ser

progressivas e internalizadas financeiramente, ao longo do tempo. A Figura 4 demonstra a contínua internalização destas externalidades.

Figura 4: *Internalização das externalidades*



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de Unerman et al. (2018).

A Figura 4 reporta o processo de internalização das externalidades pelas organizações. Observa-se que, inicialmente, as externalidades serão ignoradas, pois ainda não é aparente para as organizações e seus impactos financeiros são ínfimos. Entretanto, ao avaliar ou registrar tais externalidades como não prejudiciais, as organizações demonstram pouca consciência científica ou sociológica, além de revelar a pouca preocupação das partes interessadas das entidades, em relação aos riscos causados pelas externalidades. Por conseguinte, algumas organizações reconhecem tais externalidades e alocam valores para mitigá-los, identificar oportunidades financeiras advindas das externalidades. Assim, as organizações desenvolvem novas fontes de renda, a exemplo da reciclagem dos resíduos industriais e aproveitamento de materiais, para fabricação de subprodutos comercializáveis.

É possível ver essas internalizações, por meio de obrigações legais, em que a organização tem gastos e, como tais, serão internalizados no desempenho financeiro das empresas, portanto não serão consideradas mais externalidades. Entretanto, Unerman *et al.* (2018) salientam que outros elementos de externalidades podem não ser internalizados financeiramente, quando os impostos, multas e mitigações não cobrirem totalmente os custos

sociais. Como exemplo, tem-se o rompimento da barragem de Fundão, situada no complexo industrial de Germano, no município de Mariana (MG), onde, os custos ambientais e sociais foram tão grandes, que a estimação dos impactos reais tomou dimensões incalculáveis, não havendo, desta forma, um custo real de tal desastre e o quanto ele afetaria as regiões atingidas pela lama.

Assim, é possível observar a internalização financeira total das externalidades, quando estas passam a ser proibidas pela legislação, de uma região ou país. Por conseguinte, observa-se que, quanto mais as externalidades são visíveis, maior é a necessidade de gerenciamento e de internalizar seus impactos nas decisões financeiras de longo prazo.

Mesmo com tais internalizações Bebbington *et al.* (2021), descrevem que na hipótese da divulgação destas externalidades permanecerem discricionárias e fracamente aplicadas, há um risco do foco excessivo nas necessidades dos investidores criar pontos cegos.

Para Bebbington *et al.* (2021) isso faz com que haja um foco significativo nas aplicações financeiras de curto prazo, ao invés de impactos ambientais, que podem ter efeitos nas organizações a longo prazo e, estas, por sua vez, não se preocupam em informar políticas públicas, nem regularias que possam resolver os problemas das externalidades negativas.

Face às discussões expostas nesta seção, é possíveis compreender as camadas existentes das externalidades, bem como a necessidade de um maior gerenciamento, por parte das organizações, com vistas no reporte mais fidedigno dos efeitos nocivos de suas atividades, para a comunidade e meio ambiente. Sabe-se, todavia, que existem limitações no processo de mensuração e contabilização destas externalidades e, que é necessária a conscientização das empresas, que vá além das ditadas em normas legais. A partir destes pontos, a contabilidade torna-se uma área fértil, para o desenvolvimento de pesquisas que auxiliem na compreensão dos impactos destes fenômenos, que podem comprometer a continuidade das organizações no curto e longo prazo.

O MFA torna-se um modelo de estimação destas externalidades e, como tal, contribuirá para o desenvolvimento de políticas e práticas que mitiguem os problemas ambientais, causados por entidades públicas e privadas, bem como para o desenvolvimento teórico da área.

2.2 CONTABILIDADE DE FLUXO DE MATERIAIS (MFA)

A contabilidade de fluxo de materiais teve seu florescer a partir dos estudos de Ayres & Kneese, em 1969. Momento em que os autores sentiam-se incomodados com o consumo

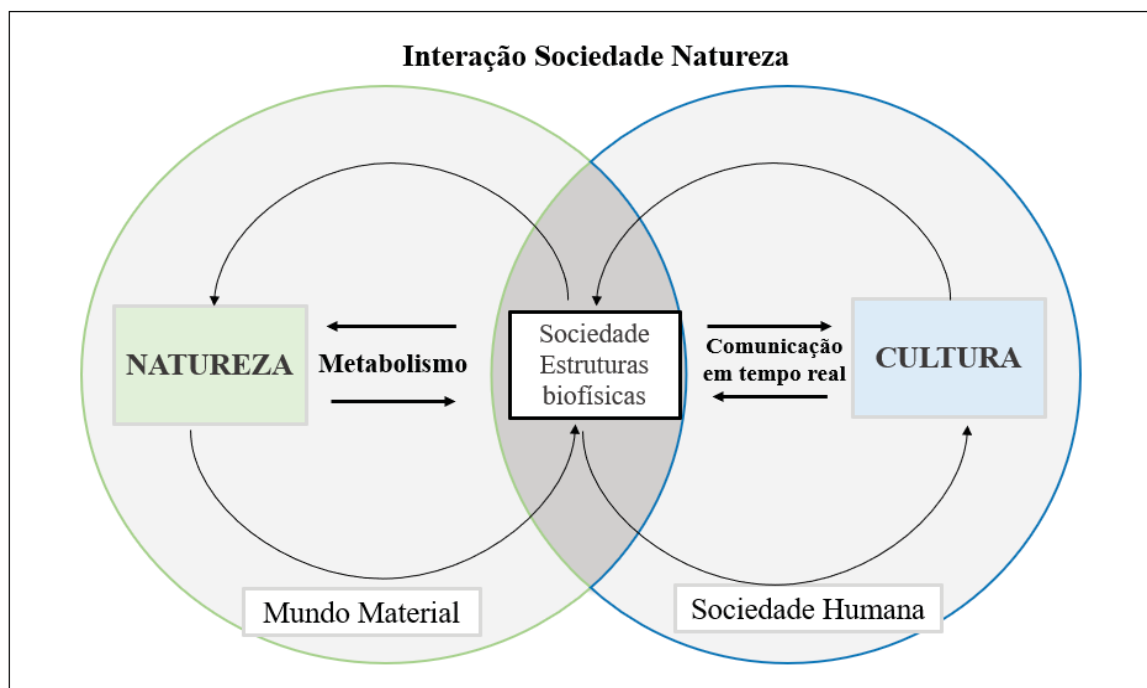
exacerbado dos materiais naturais, o que poderia causar problemas sérios de desequilíbrio de massa, o que demandava atitudes emergenciais, referente à redução dos resíduos e emissões de gases nocivos ao ecossistema. Em contrapartida, seria necessária uma diminuição dos insumos materiais para que, assim, tivesse um equilíbrio de massa (Ayres e Kneese, 1969).

Anteriormente às observações de Ayres & Kneese (1969) já se discutiam sobre as relações do homem com a natureza, a exemplo de Karl Max, que empregou o conceito de metabolismo, para discutir sobre a relação existente entre o homem e a natureza, medido pelo seu processo de trabalho, caracterizando, assim, um relacionamento social e biofísico, gerando uma relação de dependência. Em uma das passagens do livro *O Capital*, vol. I Marx (2013) afirma que “O homem vive da natureza significativa: a natureza é seu corpo, com o qual ele tem de permanecer em constante conexão para não deteriorar”.

A partir destas observações, tem se o surgimento do conceito de “metabolismo social” que se refere às trocas energéticas e materiais, que ocorrem em um sistema social aberto, como a economia e o meio ambiente, Gerber e Scheidel (2018).

Posteriormente, na década de 1990, o conceito supracitado foi amplamente difundido pelos grupos de pesquisa situados em Viena, Zurique, Japão e Alemanha (Gerber e Scheidel, 2018). Muitas destas investigações foram desenvolvidas pelas professoras Marina Fischer Kowalski do Instituto de Ecologia Social, da Universidade de Viena e parceiros. Segundo a professora Fischer-Kowalski *et al.* (2011) um dos grandes objetivos destas investigações é “desenvolver indicadores globais biofísicos, em escala nacional, a fim de complementar os indicadores globais monetários das contas nacionais”. A figura 05 é a estrutura conceitual do modelo de interação sociometabólica, desenvolvido pela professora Fischer-Kowalski.

Figura 05: *Modelo de Interação Sociometabólica*



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de Fischer-Kowalski e Haberl (2007)

A Figura 05 demonstra as interações existentes entre a natureza e a sociedade. Percebe-se que há uma interação e integração entre os fatores humanos e não humanos. Esse processo é denominado metabolismo social e contempla aspectos legais (legislações), decisórios, monetários, políticos e sociais, de modo que há uma estreita comunicação entre toda a estrutura sociometabólica.

A partir deste ponto, diversas foram as abordagens desenvolvidas para estimar os fluxos de materiais e energia consumidos e processados por uma determinada comunidade ou organização. Entre os métodos aplicados têm-se: o *Material Flow Analyses* (MFA) o *Material Flow Accounting* (MFA) e a *Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism* MuSIASEM. No entanto, esta investigação utilizará o *Material Flow Accounting* como metodologia estimadora dos fluxos de materiais, da região pesquisada. A Tabela 01 apresenta a diferença entre os principais métodos aplicados em estudos sociometabólicos.

Tabela 01: Principais métodos aplicados aos estudos sociometabólicos.

Método	Conceito	Objetivo	Vantagens	Trabalhos Antecedentes
Material Flow Cost Accounting (MFCA)	É uma ferramenta que capta os fluxos materiais e monetários, e deixa clara qualquer ineficiência no processo produtivo, por meio de informações físicas e monetárias.	Analisar a saída do processo em produtos comercializáveis e não comercializáveis com ênfase no custeamento dos resíduos industriais e na redução do impacto ambiental, causados pelo processo produtivo.	O MFCA identifica todas as perdas de material, como: desperdício ou saída de produto; enquanto o sistema de custeio padrão convencional falhou em contabilizar perdas, além do padrão estabelecido.	METI (2007); Onishi et al.(2008);Kokubu et al.(2009) Smith (2012);Fakoya & van der Poll (2013); Kasemset et al.(2015);Wagner (2015); Dierkes & Siepelmeyer (2019)Sahu et al.(2021); Nishitani (2022).
Life Cycle Anaysis (LCA)	É uma metodologia para quantificar e avaliar os impactos ambientais de produtos (bens e serviços), incluindo os relacionados com as alterações climáticas, destruição do ozônio na estratosfera, criação de ozônio troposférico, eutrofização, acidificação, stress toxicológico nos ecossistemas e saúde humana, esgotamento de recursos, uso da água, uso da terra, ruído e outros.	Avaliar as cargas ambientais, identificando e quantificando recursos e materiais utilizados, resíduos gerados e possíveis mudanças ambientais, em diferentes pontos do ciclo de vida de bens, operações e atividades.	É adequada para analisar os impactos ambientais de uma produção em cadeia, como exemplo tem-se os produtos agrícolas desde a sua manutenção, até destinação para as indústrias de manufatura e laticínios.	Standardization (2006); Djekic et al.(2014); Tonilo et al.(2020); Shahel e Clift (2015); Huerta et al.(2016); Üçtuğ et al.(2019);Lei et al.(2020); Wang et al.(2021);El Joumri et al.(2022).
Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism MuSIASEM	É uma abordagem que permite a verificação e a viabilidade do orçamento dinâmico do metabolismo exossomático dos sistemas sociais, considerando a congruência sobre os valores atribuídos às categorias de fundos e fluxos, sobre suas gramáticas determinando um loop imprecipitativo.	Verificar a viabilidade e conveniência do metabolismo dos sistemas socioeconômicos, em relação à existência de restrições ecológicas, presentes nos fluxos de matéria e energia, controlados por atividades humanas.	Forte na análise de processos dentro da economia, capaz de integrar diferentes escalas. O foco da abordagem está nas dimensões biofísicas das sociedades, em relação aos seus subsectores funcionais.	Giampietro et al.(2009); Giampietro (2013);Lu et al.(2016); Aragão & Giampietro (2016); Gerber & Scheide (2018);Maldonado et al (2019); Cadillo-Benalcazar et al. (2020);Marcos-Valls et al.(2020).

<p>Material and Energy Flow Accounting (MEFA)</p>	<p>É um subconjunto específico de métodos, que permite aos pesquisadores documentar fluxos de materiais e energia entre sistemas naturais e socioeconômicos (extração doméstica (DE), saídas para a natureza) e processos de troca entre sistemas socioeconômicos (importações, exportações).</p>	<p>Fornecer um conjunto de ferramentas descritivas para quantificar materiais e energia, que entram e saem de um sistema socioeconômico.</p>	<p>Permite a análise dos fluxos de materiais de um determinado sistema de contas nacionais e sua abordagem pode relacionar-se com a contabilidade de fluxos de materiais (MFA) ou com a contabilidade de fluxos de energia (MEA), no entanto o MFA é o método mais difundido. O Foco é nas tendências de longo prazo e grandes transições históricas das sociedades como um todo</p>	<p>Fischer-Kowalski (1998); Fischer-Kowalski & Haberl (2007); Fischer-Kowalski et al.(2011); Gerber & Scheide (2018); Merschroth et al. (2020); Marcos-Vall (2020), Noll et al. (2021); Mohammadi et al.(2021).</p>
<p>Material Flow Analyses MFA</p>	<p>É uma ferramenta usada para investigar o fluxo de recursos materiais através do sistema econômico, observando indicadores específicos para medir o tamanho e a estrutura do metabolismo socioeconômico.</p>	<p>Estabelecer um balanço de massa para um sistema de estudo.</p>	<p>É uma ferramenta adequada para identificar o uso ineficiente de recursos naturais, energia e materiais, na cadeia de processos ou na economia como um todo. Isso se deve ao uso correto dos dados de produção, consumo e comercialização, aliados às estatísticas ambientais, e ao avanço na modelagem.</p>	<p>Fischer-Kowalski et al.(2011); Allesch & Brunner (2015); Brunner & Rechberger (2016); Candeixa et al. (2017); Islam & Huda (2019); Su et al.(2023); Palacios & Rodriguez (2022);</p>

Fonte: Elaborada pelo Autor (2023).

Todos os métodos apresentados na figura anterior foram desenvolvidos para estimar os fluxos de materiais e resíduos de uma determinada nação, região ou organização. Por mais que as abordagens sejam distintas, em seu foco há congruências referentes ao estudo dos processos antropogênicos, como, por exemplo, o MEFA, que pode ser analisado em três abordagens diferentes: a de Contabilidade de Fluxo de Energia (MEA), Análises de Fluxos de Materiais (MFA) e Contabilidade de Fluxo de Materiais (MFA).

No entanto, este último é amplamente difundido e o mais adequado para estudos de grandes escalas. Contudo, um dos grandes desafios destes métodos está relacionado à operacionalização dos dados. Visto que, há uma grande dificuldade dos pesquisadores, em estimar os fluxos de materiais de maneira precisa, por falta de uma governança sustentável efetiva, que deveria ser uma prioridade basilar dos países desenvolvidos e em desenvolvimento (Gerber & Schedel, 2018).

O MFA foi incentivado a partir da análise de outras abordagens, como as citadas anteriormente, sendo a professora Marina Fischer-Kowalski uma das pioneiras na difusão do método, que ao longo dos anos foi divulgado e aperfeiçoado, para ser operacionalizado em diversos contextos, como vistos nos estudos de Barnett (2001), Singh *et al.* (2019), Shah *et al.* (2019), Millette *et al.* (2019), Singh *et al.* (2020), Merschroth *et al.* (2020), Fischer-Kowalski *et al.* (2020), Bahers (2020), Noll (2020), Marcos-Vall (2020), Noll *et al.* (2021), e Mohammadi *et al.* (2021).

Fischer-Kowalski (2011) descreve que o MFA é uma abordagem relativamente nova, no entanto, sua capacidade de gerar indicadores semelhantes à contabilidade econômica, energética e demográfica é grande, sendo um dos pontos mais importantes deste modelo, a capacidade de gerar informações altamente agregadas. Estes indicadores estão relacionados com o consumo e manejo de diversos materiais, dentro de uma economia, tais como: a extração de matérias-primas, biomassa, metais, minerais não metálicos e combustíveis fósseis, estoques e todos os resíduos e emissões resultantes do consumo de determinado estoque (Wiedenhofer *et al.* 2019). Todavia a autora Fischer-Kowalski (2011) relata, que essa capacidade, por vezes, é considerada uma fraqueza, uma vez que os indicadores derivados desses sistemas contábeis são frequentemente questionados.

Em termos conceituais, segundo a UNEP (2021), o MFA representa uma estrutura para desenvolver as interações de uma economia doméstica com o ambiente natural e a economia do resto do mundo, em termos de fluxos de materiais, resíduos e emissões. Adicionalmente, Fischer-Kowalski (2011) define como uma estrutura contábil, que se baseia em um banco de dados consistente, que por sua vez, pode ser utilizado em vários contextos, com foco nas políticas de interações economia-ambiente. Os autores ainda mencionam que os indicadores baseados no MFA

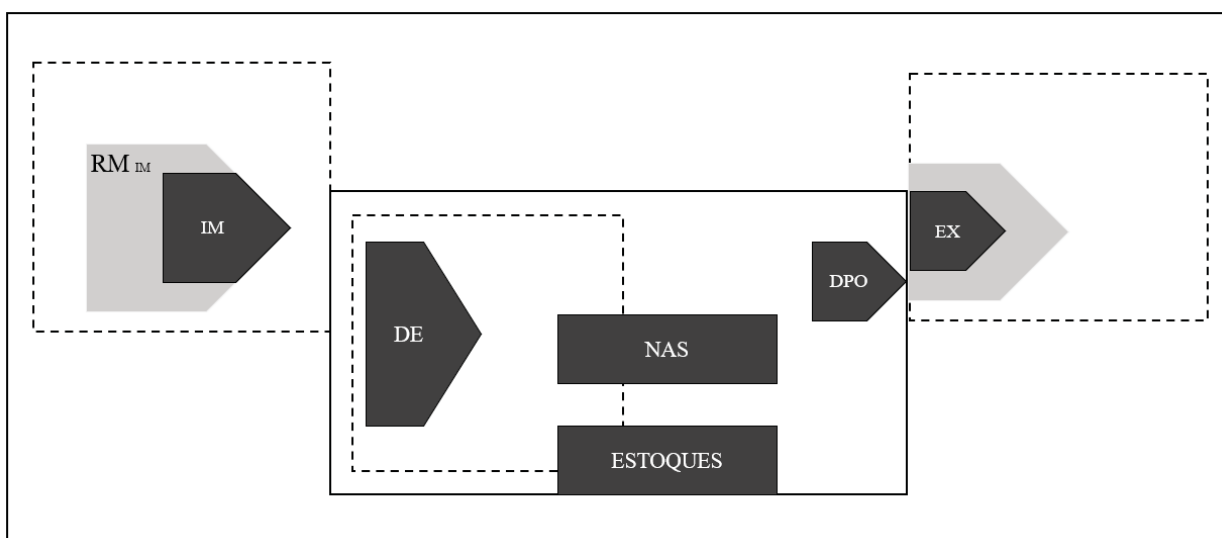
fornece informações básicas de forma agregada, sobre a composição e as mudanças na estrutura física dos sistemas socioeconômicos.

Na Europa, os princípios do MFA estão bem alinhados ao Sistema de Contas Nacionais, no que diz respeito às definições, limites do sistema e classificações. Por exemplo, há uma interação contínua entre os fluxos de informações dos estados, membros da união europeia, estes por sua vez fornecem informações sobre a massa dos resíduos utilizados pelos países e processo de descarte (UNEP, 2021).

No Brasil, essas informações estão dispersas, ainda não há uma integração dos estados para o fornecimento adequado destes dados, por exemplo, as informações dos resíduos sólidos podem ser encontradas no Sistema de Gestão de Resíduos sólidos, no site do Governo Federal, outras informações são encontradas no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e outros dados mais específicos são encontrados apenas nos sites das entidades que os reportam, como portal da transparência municipal.

A Figura 6 apresenta a estrutura da contabilidade de fluxos de materiais, como visto abaixo.

Figura 6: Estrutura da contabilidade de fluxos de materiais



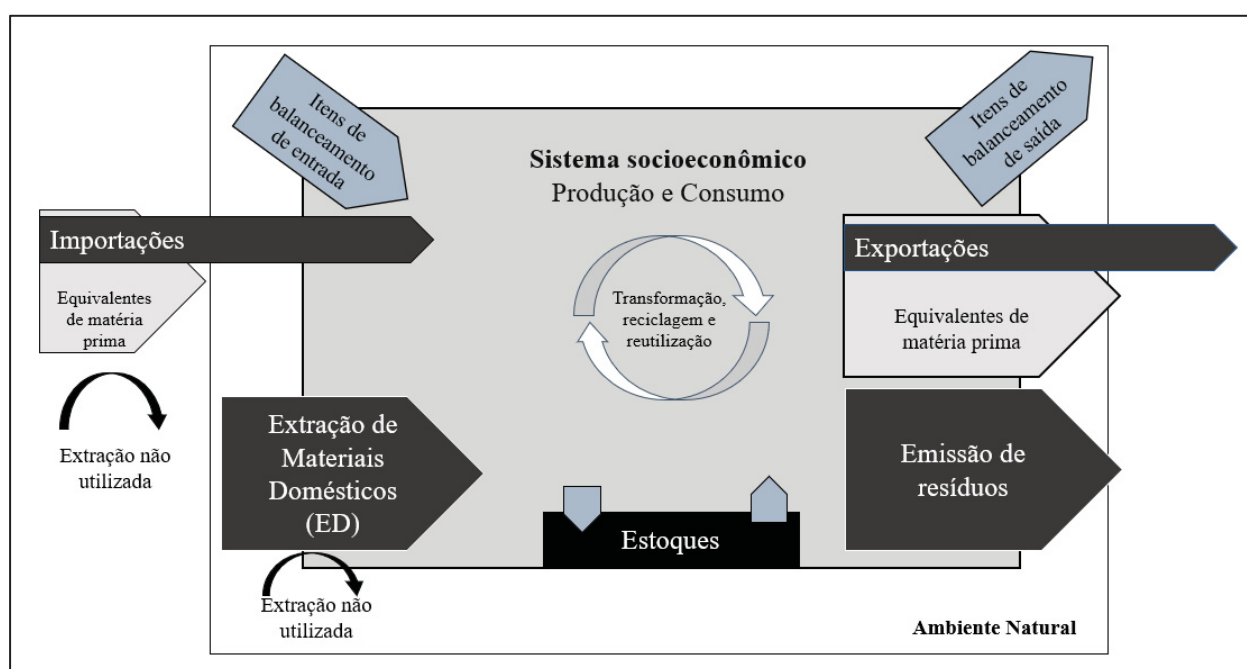
Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de UNEP, 2021.

A Figura 6 representa a estrutura da contabilidade de fluxo de materiais baseado no manual de Contabilidade de Fluxos de Materiais, elaborado e divulgado pelo programa de sustentabilidade das Nações Unidas. No primeiro bloco, diz respeito ao indicador de importação (IM) dos materiais de uma cidade ou região; no segundo, o indicador de Extração Doméstica de Materiais (DE); no terceiro, os indicadores das adições líquidas aos estoques (NAS); no quarto, têm-se os indicadores de fluxo de resíduos e emissões de energias (DPO) e no quinto e último bloco, os indicadores referentes às exportações (EX) oriundas destes fluxos.

Segundo o documento da UNEP (2021) o MFA considera apenas dois tipos de materiais como relevantes para sua contabilização, são eles: **a)** fluxos de materiais entre a economia nacional e o ambiente natural, que se refere na extração bruta de materiais, bem como a descarga de resíduos no ambiente, emitidos para o ar, água e terra; **b)** fluxos de materiais entre a economia nacional ou local e suas importações e exportações, dentro das fronteiras dos fluxos, assim, as entradas e saídas são contadas.

A Figura 7 detalha com maior precisão as importações e exportações que podem ser identificadas no metabolismo urbano, como vistas com maior riqueza de detalhamento.

Figura 7: Configuração dos fluxos do MFA



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de Matthews (2000); Fischer-Kowalski et al. (2011)

A partir das dimensões do modelo estrutural do MFA é possível desenvolver o balanço de massa de uma determinada região, para isso faz-se necessário a contabilização dos itens de importação (ver tabela 04), extração de materiais domésticos, adições, que são realizadas nos estoques da região, as exportações, emissão de resíduos não aproveitáveis, além dos itens de balanceamento de entrada e saída.

As contas do MFA possuem uma variedade significativa de grupos de materiais e estes geralmente são condensados em quatro grupos principais, são eles: biomassa, portadores de energia fóssil, minerais metálicos e minerais não metálicos, afirmam (Krausmann *et al.* 2017). Para Krausmann *et al.* (2017) é necessário a utilização de dados disponibilizados pelos órgãos específicos, que regulamentam cada tipo de materiais, para que seja possível realizar o monitoramento de cada fluxo, bem como sua contabilização. No Brasil, os pesquisadores podem

utilizar dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério da Agricultura e Pesca, Ministério do Meio Ambiente, Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR), além das informações que podem ser encontradas nas prefeituras de cada cidade.

2.3 METABOLISMO INSULAR

Estima-se a existência de 46.000 mil ilhas no mundo, sendo que estes ambientes ocupam cerca de 5,3% da área terrestre do Planeta, segundo (Islandsconservation,2023). Estas ilhas possuem uma das maiores concentrações de biodiversidade de espécies marítimas e terrestres, que, geralmente costumam ser vulneráveis aos distúrbios, tais como a invasão de novas espécies e as atividades humanas diversas, a exemplo do turismo, acrescenta Islandsconservation (2023).

Em um cenário ideal a promoção do turismo deveria estar alicerçada com programas de conservação ambiental, por exemplo, alianças deveriam ser formadas entre os moradores, governo e a iniciativa privada interessadas no desenvolvimento econômico destas localidades (Burbano *et al.*, 2022).

No entanto, por possuírem características específicas, estes ambientes insulares possuem vulnerabilidades econômicas sociais e ambientais (Tyedmers *et al.* 2020). Os desafios econômicos referem-se ao fato do comércio local ser subdesenvolvido, o que os tornam extremamente dependente das nações litorâneas. Assim, as vulnerabilidades sociais estão relacionadas a pouca oportunidade de emprego, fuga dos cérebros, falta de segurança e baixos salários. No que se refere aos problemas ambientais, têm-se a má gestão de resíduos, o aumento do nível do mar e eventos climáticos extremos, argumentam (Tyedmers *et al.* 2020.; Islandsconservation 2023).

Como visto anteriormente, estes ambientes insulares sofrem pressões e impactos dos seres humanos e do meio ambiente, ao passo que possuem uma dependência de recursos externos, o que os torna um ambiente favorável para o surgimento de problemas relativos à escassez de recursos e sustentabilidade, corroboram (Deschenes & Chertow, 2004). Para Singh *et al.* (2020) os riscos metabólicos das pequenas comunidades insulares estão associadas às práticas mal adaptadas, como é o caso da dependência de importações, para as necessidades básicas, sistemas de energia centralizados, compreensão costeira e deslocamento populacional.

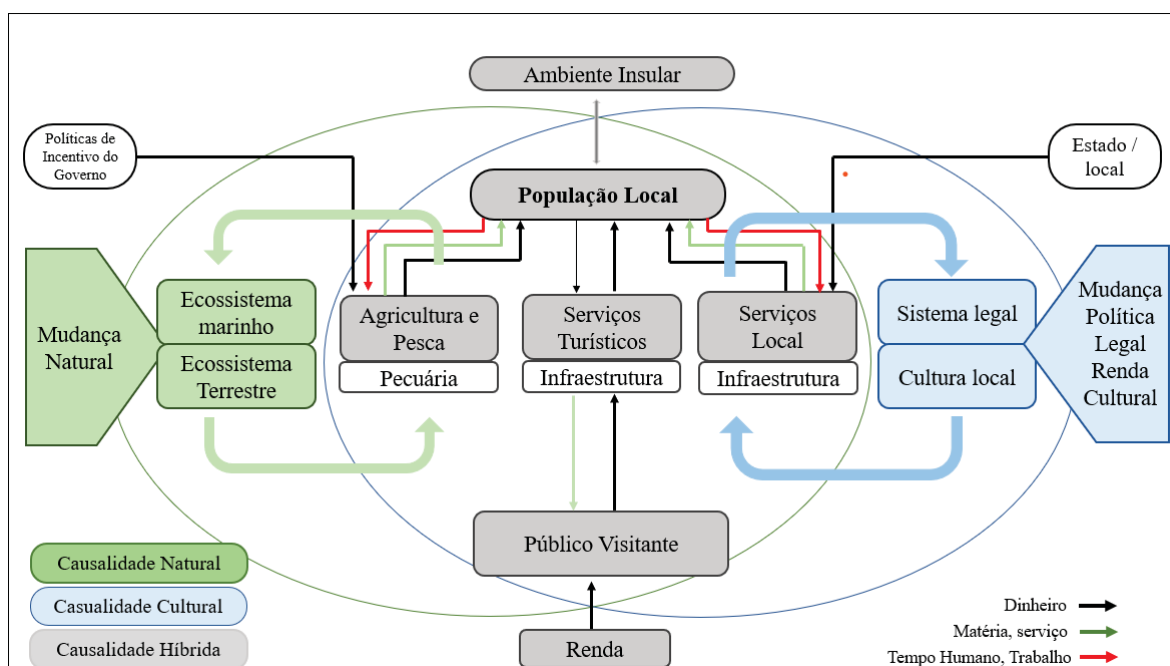
De modo complementar, Bradshaw *et al.* (2020) e Bogadóttir (2020) salientam que a falta de recursos e as populações relativamente pequenas limitam o tamanho das economias insulares, o que as tornam ainda mais dependentes dos mercados externos, aumentando, assim, seu nível de vulnerabilidade. De certo, essas vulnerabilidades imprimem problemas relacionados ao

metabolismo insular, que tem tomado a atenção de uma considerável equipe de pesquisadores ao redor do mundo e, como tais, ganharão atenção nos parágrafos que seguem.

O metabolismo insular é derivado de estudos relacionados ao metabolismo social. Segundo Singh *et al.* (2020) o metabolismo social refere-se a qualquer sociedade que organiza seus fluxos de materiais e energias por meio de exportações e importações, essa organização é necessária para o sustento e reprodução.

Para Bahers *et al.* (2020) esses fluxos são independentes e necessitam de uma análise acurada de sua dinâmica material. Bahers *et al.* (2020) afirmam ainda, que além de quantificar é necessário compreender a sua abordagem sociopolítica, que se estende às reflexões de cunho institucional, econômico e social. Haberl *et al.* (2019) discutem que esses estoques de materiais contribuem para que as comunidades insulares desenvolvam suas atividades comerciais e urbanas, oferecendo um melhor serviço para os ilhéus e turistas, além de criar um histórico para o melhor gerenciamento dos resíduos sólidos e o desenvolvimento sustentável. Neste sentido, a Figura 8 demonstra o modelo socioecológico das comunidades insulares.

Figura 08: Modelo Socioecológico das comunidades insulares



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de Fischer-Kowalski *et al.* (2020).

Por meio do modelo sociológico apresentado pela pesquisadora Fischer-Kowalski *et al.* (2020) é possível compreender as interações que são geradas dentro de um ambiente insular. A figura 09 representa essas interações de maneira dinâmica, No lado esquerdo, vê-se o ambiente natural, o qual é composto pelos ecossistemas marinho e terrestre e possuem uma estreita relação com os meios de subsistência local: como a agricultura, pesca e pecuária. Essas fontes de

subsistência estão interligadas com a população local (nativos e turistas) que usufruem dos serviços e da infraestrutura local, como dos serviços turísticos que são oferecidos.

Deste modo, há uma interação constante com a cultura regional, bem como com o sistema legal, relacionados aos limites legais, que proporcionam a segurança e o bem-estar dos moradores locais. Assim, é possível observar na figura 08, que outros fatores interferem no sistema sociometabólico, como: os fatores relacionados à política, às leis, à renda e à cultura.

Consoante a tais pontos existe a força de trabalho humana desprendida para prestar os serviços, produzir e comercializar os produtos que abastecem os ilhéus. Nesta dinâmica, as causalidades ocorrem a todo o momento, entendendo-se por um fluxo maciço de materiais que são utilizados pela população, que fomentam o curso metabólico, que, se não forem bem gerenciados, trarão problemas para o ecossistema e são incentivados pelo governo e pela iniciativa pública local.

A existência de uma literatura considerável sobre a temática consolida a relevância de tais discussões, como visto nos estudos de Shah *et al.* (2019) Ilhas de Trinidad e Tobago; Bogadóttér (2019) Ilhas Farou; Singh *et al.* (2020) Metabolismo insular; Chertow *et al.* (2020) Ilhas Hawaiian; Bahers *et al.* (2020) Nova Caledonia; Fischer-Kowalski (2020) Ilhas Gregas; Noll *et al.* (2020) Ilhas Gregas de Samothrace; Popescu *et al.* (2020) Ilhas de São Martinho; Bradshaw *et al.*, (2020) Ilhas Antigua e Barbuda; Merschroth (2020) Ilhas Fiji; Elgie *et al.*, (2021) Ilhas de Granada; Mohammadi *et al.*, (2021) Ilhas do Caribe; Del Campo *et al.*, (2023); Zisopoulos *et al.*, (2023).

Esses estudos estão focados na compreensão do metabolismo insular e como estas comunidades gerenciam seus fluxos de materiais, que por vez podem causar problemas ambientais e ameaçar a existência das espécies nativas e a perenidade da própria economia insular. Bahers *et al.*, (2020) reforçam a importância das diversas abordagens do metabolismo insular, para uma melhor compreensão, de como os territórios dependem da exploração dos recursos naturais exportados para os mercados mundiais.

Bahers *et al.*, (2020) acrescentam, que as principais atividades econômicas das ilhas estão alicerçadas na extração de minerais, combustíveis fósseis ou água de depósitos subterrâneos e uso da vegetação acima do solo e, que essas atividades levam à produção excessiva de resíduos, em relação ao número de habitantes.

Diante de tais problemas, Noll *et al.*, (2019) descreve que faz-se necessário o desenvolvimento de estratégias eficazes de gestão de resíduos. Neste sentido, é urgente que se tenham as quantidades de resíduos existentes, bem como, que essas avaliações devem ser abrangentes da dinâmica biofísica e das opções que se têm disponíveis. Noll *et al.*, (2019) pontuam que a atenção deve ser dada aos materiais que são importados para dentro da ilha e que não podem ser adequadamente gerenciados ou reciclados.

O estudo de Elgie *et al.*, (2021) teve como objetivo quantificar os primeiros fluxos de materiais das ilhas de Granada. Para tanto, os autores se concentraram em três fluxos de resíduos problemáticos: plástico, pneus e óleo de motor. Os achados demonstraram que Granada gerou uma média de 46.097 toneladas de resíduos, por mês, o que equivale a 1,14kg per capita, por dia no ano de 2017. Outro dado relevante foi a constatação, de que o MFE demonstrou ser uma metodologia útil em ambientes com poucos dados. Os resultados permitiram aos pesquisadores sugerirem: uma melhor coleta de dados sobre resíduos, o princípio do poluidor-pagador e desenvolvimento de planos de gestão.

O estudo de Mohammadi *et al.*, (2021) teve como objetivo explorar a viabilidade de uma economia circular (CE) e compreender se esta poderia ser uma solução promissora, para as ilhas enfrentarem o desafio do lixo eletrônico. A pesquisa foi desenvolvida nas ilhas do Caribe: Aruba, Barbados, Granada Jamaica e Trinidad e Tobago. Os resultados demonstraram que o maior desafio da gestão do lixo eletrônico está na falta de apoio governamental. Mohammadi *et al.*, (2021) reconhecem que essa motivação deve ser desenvolvida pelas autoridades nacionais e regionais e, que cabe a estas entidades desenvolverem políticas e legislações, referentes ao problema crescente do descarte do lixo eletrônico. Mohammadi *et al.*, (2021) reforçam que uma transição para economia circular, deve ser inclusiva e justa para todos os atores participantes do processo, inclusive para a sociedade civil.

Estes pontos de inflexão devem ser transformados em programas, que tenham como objetivo construir medidas práticas e infraestruturas, que melhorem a capacidade da população das comunidades insulares, de coletar e tratar seus resíduos de maneira eficiente. Para que esses programas tenham êxito, faz-se necessário a construção de redes de orientações claras sobre a coleta, disposição e tratamento de resíduos em ilhas, além e fundamentalmente, contar com o engajamento maciço das entidades públicas e privadas, defendem (Shah *et al.* 2019).

Deste modo, Zisopoulos *et al.*, (2023) descrevem que essas ações fazem parte de um movimento regenerativo da economia, sendo este conceituado como um “sistema econômico que visa impulsionar a propriedade inclusiva, atendendo às necessidades sociais, dentro dos limites planetários, centralizando continuamente dinheiro, informações e recursos renováveis, para a auto alimentação, auto-organização e adaptação.

Neste contexto, vê-se que os desafios referentes à contabilização dos fluxos de matérias das ilhas são urgentes, como anteriormente mencionados, assim sendo, diversos são as motivações para que estudos sejam desenvolvidos, no intuito de compreender e quantificar, o quanto existe destes resíduos, oriundos dos diversos estoques estabelecidos nas comunidades insulares. Nesta

motivação, destaca-se uma coletânea de artigos sobre metabolismo insular, conforme descrito na Tabela 02, abaixo. .

Tabela 02: Estudos antecedentes sobre metabolismo insular

Autor (es)	Objetivo	Procedimentos Metodológicos	Principais Achados
Owens et al. (2011)	Analisar o fluxo de material (MFA) dos resíduos sólidos domésticos e lixo marinho coletados na Ilha Kayangel, na República de Palau, para fornecer uma caracterização abrangente e contabilidade espacial do influxo de materiais não putrescíveis, que se tornam resíduos sólidos.	Foi elaborada uma pesquisa abrangente sobre a geração de resíduos sólidos domiciliares, convidando todos os 30 domicílios ocupados da ilha e a escola pública a participar. Doze categorias de resíduos sólidos não putrescíveis foram usadas para caracterizar a geração de resíduos. Estes resíduos foram coletados e pesados com uma balança de mola (precisão de 0,1 kg). Os valores de geração anual foram determinados projetando os dados dos dois períodos de amostragem (escolar e não escolar) durante o restante do ano.	Os resultados demonstram aumentos sazonais na produção de resíduos em uma base per capita, durante o período em que a escola não estava funcionando. Além disso, é provável que visitantes e residentes temporários sirvam para alterar os padrões de consumo para bens que produzem resíduos acumulativos, porque eles vêm de áreas mais urbanas de Palau. Os impactos sazonais na magnitude e composição relativa da geração de resíduos sólidos de Kayangel devem, portanto, ser considerados como parte do plano de gestão abrangente para a comunidade.
Noll et al. (2019)	Avaliar os fluxos de materiais associados à construção e infraestruturas na ilha de Samothraki, na Grécia.	Foi aplicada uma abordagem de métodos mistos que permitiu a integração de dados de estatísticas oficiais, pesquisas de campo e entrevistas em um modelo dinâmico, orientado a estoque para diferentes tipos de infraestruturas e edifícios em Samothraki de 1971 a 2016.	Os resultados mostram que investimentos específicos em infraestruturas em portos e estradas modernas, o subsequente aumento na conectividade com o continente e o crescimento da riqueza e do turismo levam a uma expansão constante de estoques materiais de edifícios e infraestruturas. De fato, esses estoques de materiais contribuem para uma melhor prestação de serviços, mas também, criam um legado para o futuro gerenciamento de resíduos e desenvolvimento sustentável.
Shah et al. (2019)	Entender os direcionadores institucionais para decisões de políticas de gestão de resíduos e ações de gestão, nas últimas décadas nas ilhas gêmeas de Trinidad e Tobago.	Estudo exploratório com entrevistas semiestruturadas com os atores responsáveis pelos fluxos de resíduos das ilhas gêmeas. Adicionalmente, fontes secundárias também foram consultadas, como: sites, documentos públicos do governo, orçamentos anuais e nacionais.	A gestão de resíduos e, particularmente, a gestão de resíduos plásticos requer uma mudança comportamental no nível da comunidade e não importa o nível de controle centralizado exercido, pode haver “vazamento” no sistema dada a escala do desafio. As parcerias público-privadas podem fornecer uma oportunidade útil para a mudança, mas ainda existe uma preocupação contínua em vincular a gestão de resíduos à agenda de desenvolvimento mais ampla para SIDS.

Chertow et al. (2020)	Apresentar uma estrutura de MFA holárquico das ilhas havaianas em vislumbre com o metabolismo social e os fluxos de materiais.	Contabilização dos fluxos de materiais em cada nível holárquico compiladas com base nos dados disponíveis no Eurostat, para contas de fluxo de materiais em toda economia insular. Os dados referentes à importação e exportação foram calculados usando dados sobre remessas marítimas de entrada e saída por porto do corpo de Engenheiros do Exército dos EUA.	Os fluxos de materiais per capita tiveram uma forte correlação com a densidade demográfica populacional. Existe um contraste na composição dos resíduos pertencentes às ilhas havaianas, isso porque há uma diferença entre os métodos de classificação e contabilização entre os municípios do Havai e a falta de padronização nacional dificulta o processo de categorização dos resíduos e de uma análise holárquica entres os sistemas.
Bahers et al. (2020)	Investigar como o nexo “metal-energia-mineral de construção” pode afetar a resiliência e a sustentabilidade metabólica da ilha extrativista da Nova Caledônia.	O MFA foi utilizado para avaliar a trajetória dos fluxos intra e extra ilha, quantificando e adequando a realidade local. Os pesquisadores utilizaram o Eurostat para coletar alguns indicadores, o que permitiu discutir sobre o metabolismo socioeconômico da região analisada.	A disponibilidade de terras e poluição local é um grande problema que precisa ser sanado, considerando a grande quantidade de resíduos gerados pela extração e produção de níquel. Adicionalmente foi identificado que dois terços do consumo local de energia, baseado principalmente em combustíveis fósseis importados, e metade das emissões de CO2 equivalentes são causados pela indústria de produção de níquel.
Fischer-Kowalski et al. (2020)	Preparar a ilha Samothraki para se tornar membro da Rede Mundial de Reservas da Biosfera da UNESCO.	Foi utilizado o Modelo do sistema sociometabólico para os estoques e fluxos relevantes dentro e entre a sociedade local e seu ambiente natural. Os pesquisadores utilizaram indicadores estatísticos, entrevistas com especialistas, observações diretas, experimento de campo e entrevista com os agricultores locais.	Ameaças foram percebidas no que se refere à perda progressiva da cobertura vegetal e aumento dramático da erosão e exposição a eventos extremos, causando impactos além da capacidade econômica do sistema local. As formas em curso de expansão da infraestrutura construída estão expostas a esses riscos e carregam alguns riscos ecológicos e econômicos próprios, em termos de aquisição e descarte de matéria-prima.
Noll et al. (2020)	Compreender o papel desempenhado pela Política Agrícola Comum (PAC) da União Europeia, no contexto da atual crise de sustentabilidade da criação de pequenos ruminantes na Samotrácia.	Os pesquisadores utilizaram o modelo metabólico de pequenos ruminantes em combinação com várias fontes de dados, tais como: entrevistas com especialistas, dados estatísticos públicos e dados de pesquisas anteriores, sobre a dinâmica da cobertura da terra.	O pagamento de subsídios pelo PAC da EU aumentou substancialmente a criação de cabras na ilha de Samotrácia, o que coincide com o aumento da demanda por pastagens locais, que servem de alimento para os pequenos ruminantes. Essa superutilização contínua dos recursos locais poderá afetar a continuidade do próprio sistema.

<p>Popescu et al. (2020)</p>	<p>Verificar se a evolução inerente do metabolismo de Saint Martin, como resultado do total de destruição da ilha tendeu a uma transformação duradoura do seu sistema de gestão de resíduos e, portanto, à sustentabilidade do território.</p>	<p>Foram realizadas 60 entrevistas semiestruturadas com atores públicos na gestão de resíduos, gestão de crises, planeamento regional, empreiteiros de construção civil, atores privados da gestão de resíduos, serviços públicos e associações para proteção do meio ambiente além da aplicação de questionários formais com a população local.</p>	<p>A maior parte dos resíduos gerados pelo Irma foi enterrada, principalmente, móveis e eletroeletrônicos coletados em conjunto, durante o período de crise. Apesar da prefeitura de Saint Martin reconhecer a importância da estruturação das atividades presentes na ilha, estes fluxos de resíduos de construção e obras ainda operam em condições não oficiais.</p>
<p>Brandshaw et al.(2020)</p>	<p>Compreender as complexidades entre a vulnerabilidade ambiental e econômica dos sistemas insulares e a necessidade de um melhor planeamento de infraestrutura como parte da construção de resiliência.</p>	<p>Abordagem alternativa de quantificação de estoques de materiais e mapeamento da distribuição espacial e os usos do estoque de material de construção, com base em medidas de estudos antecedentes.</p>	<p>A importância do turismo para a economia de A&B se reflete fisicamente em sua alta participação de quase 20% dos estoques de materiais do país e traz à tona vários desafios de eficiência de recursos, de outra forma, obscuros. Com visitantes abrangendo 8 a 11 vezes a população de Antigua e Barbuda, grandes volumes de estoques de materiais são necessários para apoiar a indústria, mas são usados apenas alguns meses do ano, durante a temporada de turismo.</p>
<p>Merschroth et al.(2020)</p>	<p>Desenvolver uma metodologia para estimar a quantidade de material de construção em edifícios costeiros, que são perdidos devido ao aumento do nível do mar induzido pelas mudanças climáticas nas ilhas Fiji.</p>	<p>A pesquisa foi caracterizada como descritiva e os pesquisadores utilizaram informações orográficas da ilha Fiji, adicionalmente foram utilizadas metadados sobre os limites administrativos da região e informações fornecidas pela divisão Geoespacial do Ministério de Terras e Recursos Minerais de Fiji.</p>	<p>Os resultados mostraram que as principais matérias que serão perdidas, com as inundações da ilha Fiji será o concreto o que demanda uma conscientização em construções mais sustentáveis. Os autores chamam atenção para a necessidade de reutilizar e reciclar materiais de demolição, sendo que, tal opção deve ser considerada, pois provavelmente trará benefícios ao meio ambiente a longo prazo.</p>
<p>Bogadóttir et al. (2020)</p>	<p>Investigar as inter-relações entre metabolismo social e sustentabilidade socioecológica nas Ilhas Faroe em uma perspectiva de longo prazo.</p>	<p>O método utilizado foi o desenvolvimento de estimativas quantitativas de práticas silenciosas de sustentabilidade, assim como pesquisas em literatura revisada por pares, literatura cinzenta e registros estatísticos.</p>	<p>É possível discernir o metabolismo social das Ilhas Faroé, onde os pesquisadores perceberam que o metabolismo industrial insustentável regido por ideologias de crescimento estão colonizando e homogeneizando a paisagem faroeste local. Outra questão refere-se a práticas de sustentabilidade silenciosas, a ilha ainda possui um sistema tradicional de manejo da terra e essas práticas acabam por estabelecer uma conexão metabólica direta entre as pessoas e a paisagem local, todavia essas práticas devem ser orientadas, protegidas e promovidas pelas autoridades locais.</p>

<p>Carvalho e Costa (2021)</p>	<p>Avaliar a distribuição, características e variabilidade de curto prazo de microplásticos (1–5 mm), expressando concentrações em três unidades diferentes no Arquipélago de Fernando de Noronha.</p>	<p>O processo de coleta das amostras do microplásticos foi realizado diariamente em duas praias, no lado sota-vento da ilha (Cacimba do Padre e Boldróe), duas praias a barlavento (Leão e Sueste). Após três repetições foram coletadas de cada vez, totalizando 39 amostras.</p>	<p>A poluição de microplástico em Fernando de Noronha representa um risco para a biodiversidade única encontrada no arquipélago e estratégias de conservação são extremamente importantes para mitigar os impactos antrópicos no ecossistema.</p>
<p>Zisopoulos et al. (2023)</p>	<p>Estudar o potencial regenerativo da ilha de Samothraki, na Grécia usando princípios da economia regenerativa.</p>	<p>Foi utilizado o diagrama <i>Sankey</i>, para avaliar o metabolismo socioeconômico da ilha de Samothraki e seus fluxos de materiais entre os anos de 1929 e 2019. Em seguida, os pesquisadores aplicaram dois métodos baseados em rede: análise de ascendência e análise de rede ecológica, para quantificar vários indicadores e capturar cinco dos princípios da economia regenerativa.</p>	<p>O metabolismo de Samothraki, ao longo desses 90 anos, não melhorou substancialmente sua capacidade de geração de atividade de fluxo interno por unidade de entrada de recursos independentemente do aumento global, tanto em sua capacidade de desenvolvimento como em sua robustez. As propriedades da rede do metabolismo de Samothraki poderiam ser melhoradas substancialmente, caso se utilize uma combinação de medidas de circularidade, de princípios de hierarquia de resíduos (por exemplo, reduzir, reutilizar, renovar etc.)</p>
<p>Singh et al. (2023)</p>	<p>Elaborar uma revisão de escopo sobre os sistemas de gerenciamento de resíduos das ilhas nas últimas duas décadas.</p>	<p>Revisão de Escopo da Literatura sobre investigações de sistemas de gerenciamento de resíduos das ilhas nas duas últimas décadas.</p>	<p>Foram identificados quatro temas dominantes na pesquisa de resíduos insulares: absorção limitada de resíduos e capacidade de gerenciamento (geografias insulares determinam capacidade de absorção e gerenciamento de resíduos), abordagens de fim de tubo (soluções de 'fim de tubo' como foco principal), resíduos insulares como um desafio social (Resíduos insulares como um desafio social) e principais impulsionadores socioeconômicos dos resíduos insulares.</p>

Elaborada pelo autor (2023).

Os resultados de pesquisa revelaram a existência de um corpo teórico maduro sobre o metabolismo insular e o MFA, visto que nestas investigações é possível identificar diferentes focos de análises, no entanto, estas se interseccionam na ênfase à contabilidade dos fluxos de resíduos, oriundos da relação entre o homem e o meio ambiente e no princípio de que tais pressões causam um estresse ambiental, o que resultam em longo prazo em impactos metabólicos imensuráveis.

Baherl et al. (2020) concluem que os resultados oriundos de intervenções científicas só se tornarão visíveis em longo prazo, uma vez que, para eles é prioritário que se faça uma avaliação sistemática sobre os estoques presentes nas comunidades insulares e os impactos causados pelas pressões ambientais. Como a pesquisa desenvolvida por Shah et al. (2019) que se estendeu por mais de uma década e foi desenvolvida em colaboração com universidades, instituições de pesquisa, autoridades locais e nacionais, ONGS e filiais da UNESCO, com cerca de 150 alunos no total, de mais de 20 países e 40 universidades.

Fischer Kolwalski et al. (2020) mencionam, que nem todas as descrições e explicações científicas são absorvidas totalmente nas mentes dos habitantes das comunidades pesquisadas, mas atingem muitos empreendedores e intelectuais locais e, que estes são os principais parceiros de comunicação e da administração pública.

Problemas relacionados à falta de cooperação entre a administração pública e demais interessados são pontos que vêm chamando atenção dos pesquisadores, onde evidências importantes podem ser vistas como, por exemplo, no estudo de Noll et.al (2011), em que os autores tecem críticas ao modelo de governança das ilhas do Havaí, visto que, segundo os pesquisadores as comparações entre as estruturas insulares é um processo desafiador e de difícil alcance, pois depende que o setor público esteja engajado com a população local.

Tal ponto de vista, também foi destacado nas conclusões de Shah et al. (2019), Chertow et al.(2020), Fischer-Kowalski et al. (2020) Carvalho e Costa (2021) Singh et al. (2022) que defendem a importância do envolvimento da comunidade, na iniciativa privada e do poder público, para que se tenha uma estrutura abrangente, adequada e efetiva, que possa fornecer orientação para o poder público, privado e sociedade civil, que desejem melhorar a coleta, disposição e tratamento eficientes de resíduos sólidos.

Carvalho e Costa (2021) ao pesquisarem resíduos plásticos, na ilha de Fernando de Noronha concluíram, que embora a ilha seja uma área protegida por órgãos governamentais, algumas medidas de gestão de resíduos não são implementadas de forma eficiente e necessitam de uma melhoria para proteger a biodiversidade local.

Alinhado a tal perspectiva, Zisopoulos et al. (2023) mencionam sobre a importância da utilização dos resíduos sólidos, pois eles oportunizam a utilização de recursos secundários e, estes por vez, podem se tornar um caminho para a sustentabilidade e resiliências das ilhas. Para o autor é crucial que métodos rigorosos, baseados em redes, sejam adotados, para estudar o crescimento e desenvolvimento dos sistemas socioeconômicos.

Neste contexto, descrevem Noll et al. (2011); Chertow et al. (2020) sobre a aplicação do MFA, em entidades geográficas menores, enfatizando, que este facilita o processo de informações sobre os fluxos e fornece novos insights de pesquisa. Ressaltam que, o crescimento deste campo de pesquisa é fundamental, pois propicia o estudo de métodos e indicadores quantitativos rigorosos, para que sejam desenvolvidos os sistemas socioeconômicos, conforme (Zisopoulos et al. 2023). Os autores acrescentam, ainda, que estes indicadores devem ser analisados em conjunto com o contexto histórico do sistema, neste caso, no local a ser analisado, e que, esta forma, não se pode desprezar as particularidades existentes em cada contexto.

Para Fischer-Kowalski et al. (2020) o aprimoramento destes indicadores impulsionará práticas sustentáveis, que se integrarão às estruturas legais e políticas existentes das ilhas, para isso, o governo local deve desenvolver ações de conscientização sobre a existência destas práticas de conservação ambiental e gerenciamento de resíduos, a fim de melhorar a eficiência do uso dos materiais, incentivando as empresas a adotar modelos de negócios sustentáveis, tendo a restauração da natureza como prioridade central das atividades econômicas locais. Todavia, a falta de políticas claras sobre a governança da gestão dos resíduos acaba desencadeando problemas, referente ao manejo e tratamento eficientes dos resíduos insulares, afirmam Fischer-Kowalski et al.(2020).

Eckerman et al. (2014) acrescentam, que a ausência da governança de gestão de resíduos está relacionada com fatores que incluem: espaço físico limitado, falta de capital, opções limitantes de financiamento, altos custos operacionais, vulnerabilidades climáticas, além das possíveis mudanças relacionadas às normas sociais, em relação a reutilização, reparo e reciclagem de produtos.

Em seus achados, tanto Sharh et al. (2019) quanto Fischer-Kowalski et al.(2020) concluíram, que o bom gerenciamento de resíduos depende de uma mudança comportamental em termos de comunidade. Os autores acreditam, que as parcerias entre as entidades públicas e privadas podem fornecer oportunidades prática, para a mudança, mesmo sabendo que há dificuldades em vincular a gestão de resíduos à agenda de desenvolvimento local.

Pelo acima exposto, conclui-se que utilização de MFA possibilita o reconhecimento das fragilidades referentes ao metabolismo insular, pondo à prova as políticas de gestão de resíduos e os conflitos de interesses das diversas partes envolvidas, seja da iniciativa pública ou a privada, mediada pela comunidade local, como vistas nos resultados das investigações, expostas na tabela 01.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa possui uma abordagem qualitativa de caráter descritivo e explicativo. Segundo conceitua Richardson (2017), a pesquisa qualitativa é o meio para explorar e para entender o significado, que os indivíduos ou grupos atribuem a um problema social ou humano.

Neste contexto, a construção do modelo para análise do metabolismo insular do arquipélago de Tinharé, tem como pressuposto oferecer soluções para os problemas antropogênicos existentes entre a comunidade insular e o meio ambiente, com vistas à melhoria dos problemas existentes, na utilização dos fluxos de materiais, no referido arquipélago.

No que tange ao caráter descritivo, Gray (2012) discorre que um estudo desta natureza busca desenhar um quadro de uma situação, pessoa ou evento, ou mostrar como as coisas estão relacionadas entre si. Assim, o MFA possibilita a compreensão dos fluxos do arquipélago de Tinharé de maneira ampla e como estão relacionados. Fato que é possível de se aplicar, uma vez que, para a verificação do metabolismo insular são necessárias informações de todos os materiais que são exportados para o meio ambiente, bem como de que modo são processados e descartados, elaborando, desta forma, um balanço ambiental destes resíduos, bem como são reaproveitados ou descartados pela comunidade insular.

A presente tese também possui propósito explicativo, ao demonstrar como a contabilidade de fluxos de materiais contribui para a construção de um modelo do metabolismo insular para o arquipélago de Tinharé, na Bahia, em consonância com as definições de Gray (2012) entre as quais, estudos explicativos procuram responder às perguntas: “por que” e “como” e “em que situação ou evento ocorrem”.

Como estratégia de investigação, optou-se pelo estudo de caso, pois em face de outras estratégias é a que melhor se enquadra, para o atingimento dos objetivos propostos na presente investigação. Este modelo é definido por Segundo Yin (2015), como uma investigação empírica, que estuda um fenômeno contemporâneo, em um contexto de mundo real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto puderem não ser claramente evidentes. Para Richardson (2017), o estudo de caso é composto por uma variedade de evidências, o que lhe confere uma característica holística. Esta afirmação é corroborada por Yin (2015), ao pontuar, que as fontes de evidências para o estudo de caso, podem ser: documentações, registros em arquivos, entrevistas, observações diretas, observação participante e artefatos físicos, entre outras técnicas,

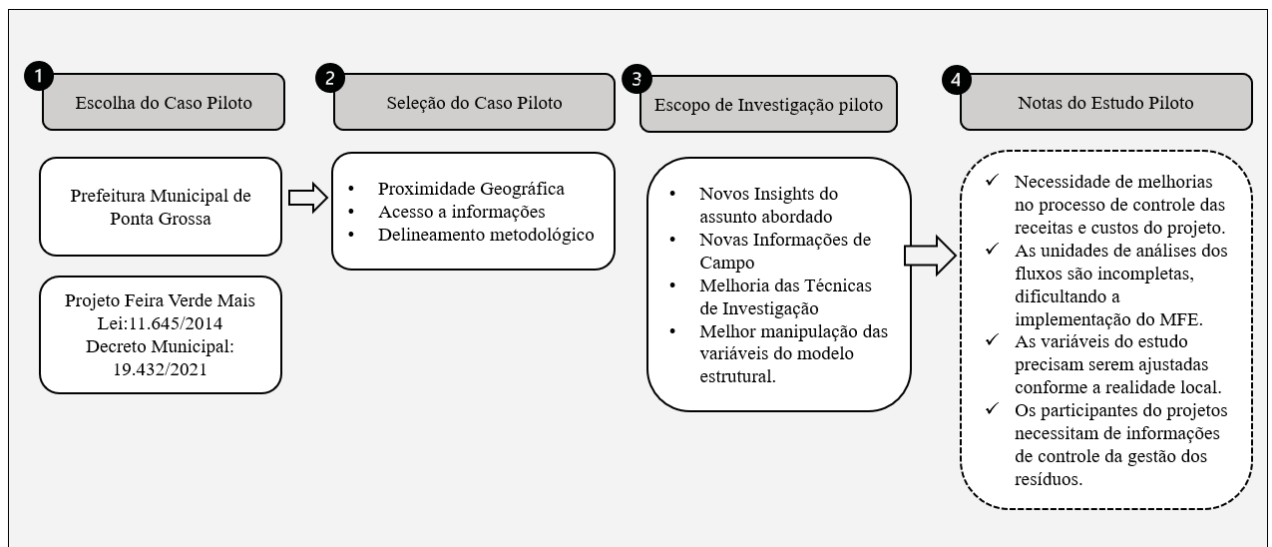
que podem ser contempladas pelo pesquisador, no decorrer da investigação. As fontes de evidências contempladas neste estudo foram extraídas de documentações públicas, divulgadas no *site* oficial da prefeitura de Cairú, tais como: número de estabelecimentos comerciais da região, editais referentes à legislação ambiental e organograma do município. Também foram coletadas informações registradas em sítios geográficos como, IBGE, notícias de veículos de comunicação local, além de artigos científicos, que colaboraram com a estruturação do modelo proposto.

3.1.1 Estudo de Caso Piloto

Para execução do estudo de caso foi desenvolvido um estudo piloto, na cidade de Ponta Grossa – PR, no intuito de compreender melhor o processo de categorização dos dados. Procedimento que, segundo Yin (2015) auxilia o pesquisador a refinar seus planos de coleta de dados, tanto com relação ao conteúdo dos dados, como nos procedimentos seguidos. Assim, explica o autor, o caso piloto pode ser elaborado em um local geograficamente conveniente ao pesquisador, assumindo um papel de laboratório, no detalhamento do seu protocolo.

Yin (2015) acrescenta que a elaboração do projeto piloto pode ser desenvolvida antes da coleta de dados, do estudo de caso proposto e auxilia o pesquisador no desenvolvimento das preposições teóricas do estudo. Ressalta ainda, a importância do caso piloto para o desenvolvimento de *insights* consideráveis sobre o assunto estudado. A Figura 09 ilustra o processo de elaboração do caso piloto.

Figura 09: Processo de elaboração do caso piloto.



Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de Yin (2015).

Para o desenvolvimento do estudo piloto, primeiramente foi necessário a escolha do caso piloto, que foi elaborado no período de janeiro a fevereiro, de 2023, na Cidade de Ponta Grossa, no Paraná, quando se solucionou o “Projeto Feira Verde Mais”, como unidade de aplicação do MFA. O referido projeto é uma iniciativa da própria gestão pública municipal e foi implementado pela Lei 11.645/2014 e regulamentado pelo Decreto 19.432/2021.

A Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SMAPA é o órgão responsável pela gestão do referido projeto, que tem como objetivo incentivar a destinação correta de materiais recicláveis e fomentar a produção, comercialização e distribuição de produtos hortifrutigranjeiros ou gêneros alimentícios, oriundos da agricultura familiar ou produzidos artesanalmente no município.

Segundo o Decreto nº 20619/2022, o projeto visa a atender a população menos favorecida da região, com vistas na complementação alimentar e ganho econômico, já que toda uma cadeia é beneficiada. Na dinâmica do projeto, os municípios podem levar os materiais reciclados coletados até os pontos de trocas, definidos pela SMAPA e, em troca, recebem uma quantidade de produtos hortifrutigranjeiros ou outros produtos disponibilizados pelo programa, como: vale transporte e vale gás.

Ao acessar o referido Decreto, é possível verificar a política de troca de produtos como, por exemplo, para cada resíduos sólidos coletados, tais como: papel, papelão, vidro, plástico e metal, o munícipe pode trocar por 1 Kg de alimentos, disponíveis no Programa, e um litro de leite.

Neste sentido, o projeto “Feira Verde Mais” foi selecionado para o estudo piloto, visto que possui características, que se adequavam à aplicação do método MFA, além da facilidade de acesso aos dados, bem como a proximidade geográfica do pesquisador.

Desta forma, o estudo piloto teve como foco a aplicação do MFA, para análise dos fluxos de resíduos do projeto “Feira Verde Mais”, ao longo do ano de 2022, conforme dados disponíveis pelos gestores do projeto, assim como em arquivos eletrônicos, da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa e contou com um auxiliar técnico de pesquisa, que possui formação em Engenharia Ambiental e Contabilidade, o que permitiu o desenvolvimento do piloto de forma mais segura e ágil.

Neste contexto, Yin (2015) descreve que o caso piloto é mais formativo e que auxilia o pesquisador a desenvolver linhas relevantes de questões, fornecendo até esclarecimentos conceituais para o caso real, que será estudado.

Desta forma, o escopo de investigação do caso piloto tinha como foco o desenvolvimento de novos *insights* de pesquisa, a coleta de novas informações de campo, a melhoria das técnicas de investigação e manejo das dimensões, que compõem o modelo do MFA.

Entretanto, a partir da aplicação do caso piloto, foi possível inferir os seguintes pontos: I) o processo de aplicação do MFA depende do controle das informações fornecidas pela unidade de análise, de modo que, quanto mais detalhadas são as informações, melhor será o desenvolvimento do método. II) Os bancos de dados da unidade de análise precisam ser constantemente alimentados com informações atuais sobre os resíduos sólidos descartados e coletados. III) Diversas são as informações que são fornecidas de maneira incompleta, por falta de controle da entidade que gerencia o Projeto. IV) Algumas dimensões do MFA precisam ser estimadas, com base nos valores de mercado como, por exemplo, o valor do Kg dos produtos recicláveis e hortifrutigranjeiro. V) O MFA pode não ser executado por falta de informações precisas, que não foram fornecidas ou contempladas pela unidade de análise.

Algumas conclusões auferidas no estudo piloto, também foram discutidas em investigações empíricas, que utilizam o método do MFA, como vistas nos estudos de Shah et al. (2019); Noll et al. (2019); Elgie et al. (2021); Mohammadi et al. (2021) que mencionam as limitações das informações sobre os fluxos de resíduos, o que impossibilita a mensuração adequada do metabolismo urbano.

3.2 UNIDADE DE ANÁLISE

A unidade de análise selecionada para o estudo foi o Arquipélago de Tinharé, localizado na região do baixo sul da Bahia, região nordeste do Brasil, o qual, segundo os dados do IBGE, possui 26 ilhas e abriga os destinos mais desejados dos turistas, para as praias de Morro de São Paulo, Boipeba, Garapuá e Moreré, cerca de 170 km de Salvador, por via terrestre e 60 km, por via náutica e está vinculado ao município de Cairu, totalizando mais de 400 km² de belezas naturais. Entretanto, nas últimas três décadas, o arquipélago sofreu um processo de urbanização acelerada, principalmente na ilha do Morro de São Paulo, onde são encontradas pousadas, restaurantes, mercados, lojas de materiais de construção civil, boates e lojas diversas, conforme apontado por Silva et. al (2009).

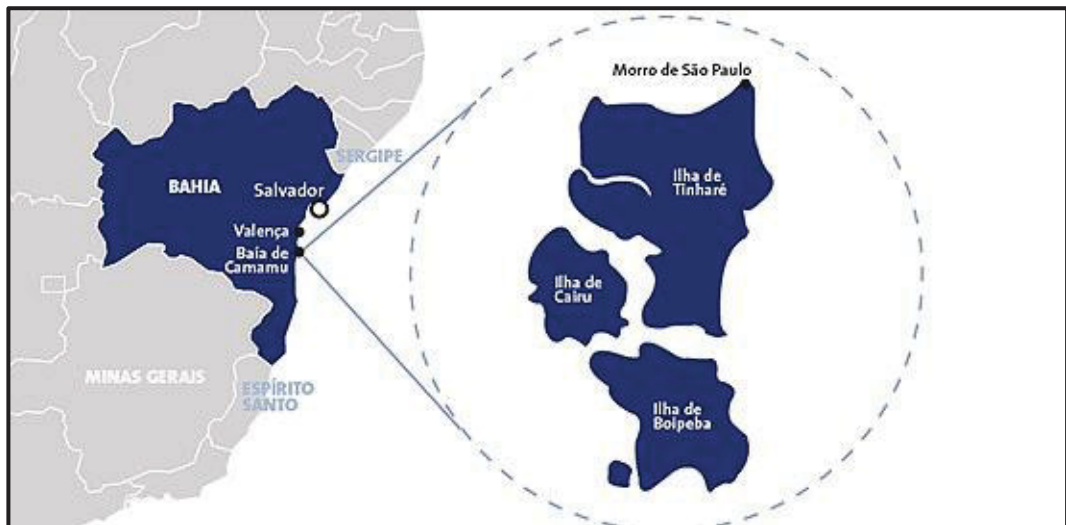
O aumento dos estoques fez com que as políticas ambientais se tornassem mais rígidas, na região. Assim, em 1992, foi criado a Área de Proteção Ambiental (APA), o que configurou

em um grande marco para a o arquipélago, sendo uma medida importante para a manutenção das espécies nativas das ilhas, que compõem o município.

Em face de tais questões, o município de Cairú aderiu à lei 12.305/2010, que disserta sobre a necessidade dos municípios darem adequada destinação a seus resíduos e rejeitos sólidos. No entanto, segundo Gonçalves (2019) nenhuma mobilização foi realizada, no sentido de que a lei, de fato, fosse implementada no arquipélago de Tinharé. Nessa direção, dados da pesquisa demonstraram que, em 21 meses houve investimento de cerca de R\$ 4.177.224,40, em ações para coleta e destinação dos resíduos sólidos, mas que não foram efetivas para a resolução dos problemas gerados.

Essas questões fizeram com que o Arquipélago de Tinharé fosse um ambiente propício para investigações relacionadas ao metabolismo insular, como é disposta na tese em questão. A Figura 10 apresenta um mapa de localização do arquipélago de Tinharé, com a localização das suas principais ilhas.

Figura 10: Mapa de localização do arquipélago de Tinharé.



Fonte: Google imagens (2021).

Como visto na Figura 10, o arquipélago fica próximo à cidade de Salvador e é composto pelas ilhas de Tinharé, Ilha de Cairú e Ilha de Boipeba. Na ilha de Tinharé está localizado o povoado de Morro de São Paulo, que é considerado o terceiro maior polo turístico da Bahia e local de maior concentração urbana do município, possuindo inúmeros atrativos turísticos. Para administrar as demandas locais, foi criada a secretaria municipal especial do Morro de São Paulo – SEMOSP que tem como objetivo elaborar estudos, formular diretrizes e implantar o Plano de

Organização Administrativa dos Serviços Públicos em geral, incluindo serviços de iluminação pública e limpeza local, como previsto na lei municipal N° 588, de 18 de dezembro de 2019.

Segundo Gonçalves et al. (2019), o turismo, a indústria do petróleo e a sobrepesca são as principais atividades causadoras de conflitos e impactos negativos aos ecossistemas costeiros, na Área de Proteção Ambiental (APA) Tinharé-Boipeba. Os impactos decorrentes destas atividades podem promover a perda de biodiversidade, problemas de saneamento ambiental, ameaças à saúde humana e aos usos da natureza na APA.

Adicionalmente, Gonçalves et al. (2019) descrevem que o gerenciamento costeiro integrado na APA Tinharé-Boipeba, se pautado na perspectiva da economia ecológica, poderia alavancar ganhos socioambientais, desde que não ultrapasse a capacidade de carga dos ecossistemas, e distribuisse com justiça os serviços.

No entanto, em 2006, o Ministério Público da Bahia realizou um levantamento relacionado ao manejo do lixo, nos municípios do estado da Bahia, cujos resultados demonstraram que o município de Cairú enfrenta sérios problemas referentes ao manejo e ao descarte do seu lixo, o que gera uma série de problemas para a comunidade local, principalmente, referente à destinação do lixo oriundo das comunidades insulares, que recebem um fluxo maior de turistas, como a região do Morro de São Paulo (Bahia, 2006).

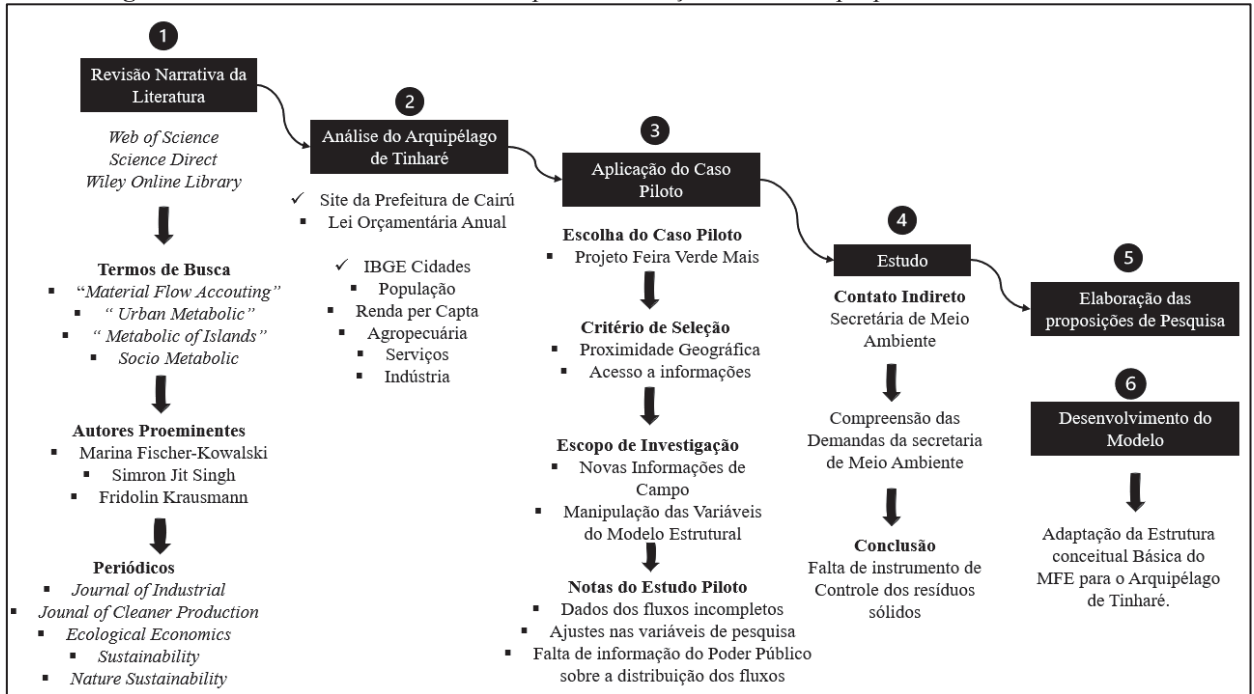
Deste modo, com a crescente demanda por políticas e práticas de preservação ambiental, a região de Tinharé configura um caso importante para ser analisado e propor práticas de gestão, que se alinhem ao desenvolvimento sustentável da região, tornando-se comunidades com grande potencial de pesquisas sociometabólicas. Para tanto, os olhares fixaram-se na compreensão da relação do homem e da natureza e suas externalidades.

3.3 COLETA DOS DADOS E ESTRUTURAÇÃO DO MODELO

No que se refere à coleta dos dados e dimensões do modelo, foram utilizadas as técnicas de análise documental, registros em sítios geográficos e artigos científicos, que serviram de base para construção do modelo proposto. Para estruturação do modelo, no primeiro momento fez-se necessário a análise e a compreensão da literatura existente, sobre as vertentes do metabolismo social, que podem ocorrer em contextos urbanos ou insulares. Após estes entendimentos epistemológicos do metabolismo social, fez-se necessário a realização do mapeamento da unidade de análise. Para tanto, realizou-se o rastreamento de informações geográficas,

econômicas e ambientais, da região de Tinharé, na Bahia. A Figura 11 ilustra o processo de coleta de dados, para a elaboração do modelo proposto.

Figura 11: Processo de coleta de dados para elaboração do modelo proposto.



Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Como visualizado na Figura 11, no primeiro momento, foi realizado uma revisão narrativa da literatura a respeito da temática pesquisada, que segundo Fan et al. (2022) é uma abordagem incremental, que possibilita a expansão do conhecimento sobre um determinado assunto e que se adapta, ao passo em que a investigação avança, levando-se em consideração as tendências implícitas do autor e a literatura de fronteira. As plataformas *Web of Science*, *Science Direct* e *Wiley online Library* foram selecionadas, por possuírem a maior concentração de publicações com a temática da tese, o que facilitou o processo da revisão narrativa.

Os termos buscados nestas plataformas foram “*Material Flow Accounting*”, “*Urban Metabolic*” “*Metabolic of Islands*” e “*Socio Metabolic*”. A utilização dos termos em língua inglesa foi intencional, pois os artigos pesquisados, em sua maioria, foram publicados em Inglês, como autores proeminentes da temática sobre metabolismo urbano, MFA e metabolismo insular.

A professora Mariana Fischer-Kowalski, que está lotada na escola de ecologia industrial na *Alpen Adria University Klagenfurt-Vienna-Graz*, o professor Simron Jit Singh, da *University of Waterloo* no Canadá e Frisolim Krausmann, da *University of Natural Resources and Life Sciences Vienna*. Seguindo a estrutura da revisão narrativa *Journal of Industrial*, *Journal of Cleaner Production*, *Ecological Economics*, *Sustainability* e *Nature Sustainability* foram as

revistas que mais possuíam publicações sobre os artigos científicos, sobre Fluxo de materiais, MFA e metabolismo insular. É importante salientar, que a maioria das publicações sobre metabolismo insular foram feitas no *Jornal Sustainability*, havendo uma grande concentração de estudos sobre a temática.

Após o processo de análise da literatura, fez-se necessário realizar uma análise dos dados do Arquipélago de Tinharé, com o objetivo de compreender as informações relacionadas à população, geografia, demografia, renda per capita e formas de subsistência da população local. A priori, foi realizada uma busca, em bancos de dados nacionais, como o IBGE e em bancos de dados locais, como o *site* da prefeitura de Cairú.

Ressalta-se, que já neste primeiro momento foi possível verificar a escassez e a desatualização de alguns dados, o que motivou o pesquisador a elaborar o estudo piloto, a fim de que fosse possível compreender melhor, como as dimensões poderiam ser ajustadas ao modelo, permitindo a obtenção de evidências importantes para a análise da aplicação do MFA, em um contexto real e seus pontos de inferências, bem como a construção do modelo para aplicação, em um contexto insular.

Nos meses de fevereiro e março de 2023, foram feitos contatos curtos, por meio de telefone, com membros da Secretaria de Meio Ambiente do município de Cairú, com o objetivo de compreender, de que forma eram gerenciados os resíduos sólidos, da região. Todavia, recebeu-se a informação, de umas das profissionais da área ambiental, que não era de responsabilidade direta da Secretaria do Meio Ambiente, tratar de questões relacionadas à coleta dos resíduos. Anteriormente, a referida profissional já havia mencionado que não havia nenhum controle dos fluxos ou histórico dos resíduos, que entravam no arquipélago, tampouco de como era realizado seu processamento e saída.

Entretanto, a despeito de tais informações, constatou-se, por meio de arquivos disponibilizados pela prefeitura, que, de fato, havia uma empresa terceirizada responsável pelo gerenciamento de tais fluxos. A partir desta constatação, foi necessário entrar em contato com a profissional responsável pela gestão da empresa, que realiza a coleta dos resíduos da região, no entanto não se obteve nenhum retorno da profissional.

É importante salientar, que poucas são as informações disponíveis sobre o processo de manejo dos resíduos sólidos da região, tendo em vista que não há documentos que detalhem, com precisão, a gestão destes materiais utilizados pelos nativos, comércio local, prestadores de serviços e turistas.

Após tais percursos metodológicos tem-se a elaboração das proposições de pesquisa, as quais estão expostas na próxima seção. Com base nestes pressupostos, elaborou-se o modelo para análise do metabolismo insular, do arquipélago de Tinharé, na Bahia.

3.4 DIMENÇÕES DO MODELO

No que refere aos procedimentos para a construção do modelo, utilizou-se a estruturação estabelecida por Fischer-Kowalski et al. (2011), Krausmann et al. (2014) e UNEP (2021) e Noll (2021). Nos moldes da estrutura conceitual, no primeiro momento, fez-se necessário estabelecer o conjunto de dimensões que compõem os fluxos de uma determinada economia, conforme figura 14.

Estes fluxos podem ser analisados por meio de um modelo, que possibilite o rastreamento e o reconhecimento das interações de uma economia doméstica com o ambiente natural, bem como com os demais ambientes, em termos de fluxos de materiais, resíduos e emissões de gases poluentes (UNEP, 2021). Para tanto, elaborou-se a ilustração objeto da figura 14, com as dimensões que compõem o modelo, baseando-se na estrutura conceitual do *Material Flow Accounting*.

É importante mencionar que, nem todas as dimensões da estrutura conceitual são aplicadas às economias insulares, uma vez que cada ambiente analisado possui uma estruturação peculiar, no que diz respeito à população, ecossistemas, fluxos de visitantes, economia, geografia e estruturação política. Para melhor entendimento do modelo, seguiu-se a estrutura original da metodologia, assim, as siglas dos indicadores do MFA estão em língua inglesa. A Tabela 03 demonstra o conjunto de dimensões utilizadas para a contabilização dos fluxos de materiais, presentes em ambientes insulares.

Tabela 03: *Conjunto de dimensões do MFA*

Tipo	Indicador	Nome e definição	Descrição	Referências
Entrada	DE	Extração doméstica	Materiais extraídos domesticamente para posterior uso	Fischer-Kowalski et al. (2011); Krausmann et al. (2017); Schandl et.al (2018); UNEP (2021)
	UDE	Extração doméstica não utilizada	Materiais que são movidos por atividades humanas, mas não utilizados posteriormente	Fischer-Kowalski et al. (2011); Krausmann et al. (2017); Schandl et.al (2018);
	DMI	Entrada de material direto (DE+ Importação)	Materiais que entram nos processos domésticos de produção e consumo	Fischer-Kowalski et al. (2011); Krausmann et al. (2017); Schandl et.al (2018)

	TMR	Exigência de material total (DMI + UDE + insumos de materiais indiretos)	Todos os materiais usados e não utilizados necessários globalmente para produção e consumo doméstico	Fischer-Kowalski et al. (2011); Kraumann et al. (2017); Schandl et.al (2018)
Troca	PTB	Balança comercial física (importação – exportação)	Mede o comércio líquido em termos	Fischer-Kowalski et al. (2011); Kraumann et al. (2017); Schandl et.al (2018);
Saída	DPO	Produção doméstica processada	Materiais liberados para o ambiente doméstico em forma de resíduos, emissões ou produção interacional.	Fischer-Kowalski et al. (2011); Kraumann et al. (2017); Schandl et.al (2018); UNEP (2021)
Consumo DMC	Consumo de material doméstico (DE+PTB)		Materiais utilizados na economia nacional (perspectiva de produção); igual ao potencial de resíduos domésticos; o indicador DMC per capita também é referido como taxa metabólica.	Fischer-Kowalski et al. (2011); Kraumann et al. (2017); Schandl et.al (2018); UNEP (2021)
Estoques	NAS	Adições líquidas ao estoque	Crescimento líquido anual do estoque em uso	Fischer-Kowalski et al. (2011); Kraumann et al. (2017); Schandl et.al (2018); UNEP (2021)
	EM	Estoque de Materiais	Materiais acumulados em estoques de artefatos em uso, população e pecuária.	Fischer-Kowalski et al. (2011); Kraumann et al. (2017); Schandl et.al (2018); UNEP (2021)

Fonte: Elaborada pelo autor (2023).

Para elaboração do modelo do MFA é necessário que se tenha um conjunto de dimensões como expostas na tabela 03, em que cada uma mede um conjunto de indicadores de fluxo diferentes, tais como: Extração de materiais domésticos, que cobre o montante anual de matérias-primas sólidas, líquidas e gasosas (exceto água e ar), extraídos da natureza, que serão utilizados como insumos de fatores materiais no processamento econômico. Por vezes, estes materiais podem ser as biomassas, minerais não metálicos, minérios metálicos e combustíveis fósseis.

As adições líquidas aos estoques medem o crescimento físico da economia, que é o peso dos novos materiais de construção acumulados em edifícios, infraestruturas e materiais incorporados em bens duráveis, com vida útil superior a um ano, a exemplo de automóveis, máquinas industriais e aparelhos domésticos.

Os fluxos de resíduos medem o peso total dos materiais extraídos naturais ou importados, que tenham sido usados na economia nacional, antes de fluir para o ambiente. Eles compreendem todos os resíduos e fluxos de emissões que ocorrem no processamento de fabricação uso e disposição final da cadeia produção consumo. Cada fluxo possui uma sigla de identificação

diferente, que facilitam o processo de sistematização e contabilização das contas da região pesquisada, como vistos na figura 07.

3.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Diversos são os fatores que limitam a execução de um estudo de caso, por mais que a estratégia e as técnicas sejam bem empregadas, existem fatores que não são controlados. No que se refere à triagem dos artigos, optou-se pela revisão narrativa da literatura e, como tal possui limitações, desta forma é possível que alguns estudos sobre MFA não tenham sido analisados, o que poderia tecer *insights* e contribuições desconhecidas pelo pesquisador. Deste modo, os estudos podem ser minerados com a utilização de técnicas mais robustas que, possivelmente, precisariam de um tempo maior para a seleção dos estudos, sejam eles seminais ou da fronteira do conhecimento.

As escolhas metodológicas foram realizadas com o intuito de responder o questionamento da tese proposta, destarte possuem algumas limitações relacionadas à coleta das categorias de materiais que compõem as dimensões de pesquisa, ao desenvolver o modelo, com base nos dados primários têm-se limitações de profundidade analítica e teórica.

Neste contexto, é relevante destacar que algumas fontes documentais pode estar enviesadas e, assim, podem ter influenciando na composição das dimensões e categorias do modelo.

As limitações quantos ao modelo, entretanto, centram-se em sua utilidade prática para análise dos fluxos em um curto espaço de tempo, pois para que se tenham dados robustos e confiáveis, faz-se necessário que se realize uma força tarefa das entidades públicas locais, privadas, pesquisadores e comunidades insulares. Assim, a análise dos fluxos pode se estender por longos meses ou anos, a depender da disponibilidade de recursos e profissionais qualificados, que estejam dispostos e interessados em compreender a sistematização do MFA.

Desta forma, algumas categorias de materiais inseridas no modelo foram realizadas de maneira intuitiva, levando-se em consideração as observações do pesquisador e do contato informal com alguns agentes, que atuam no Arquipélago de Tinharé.

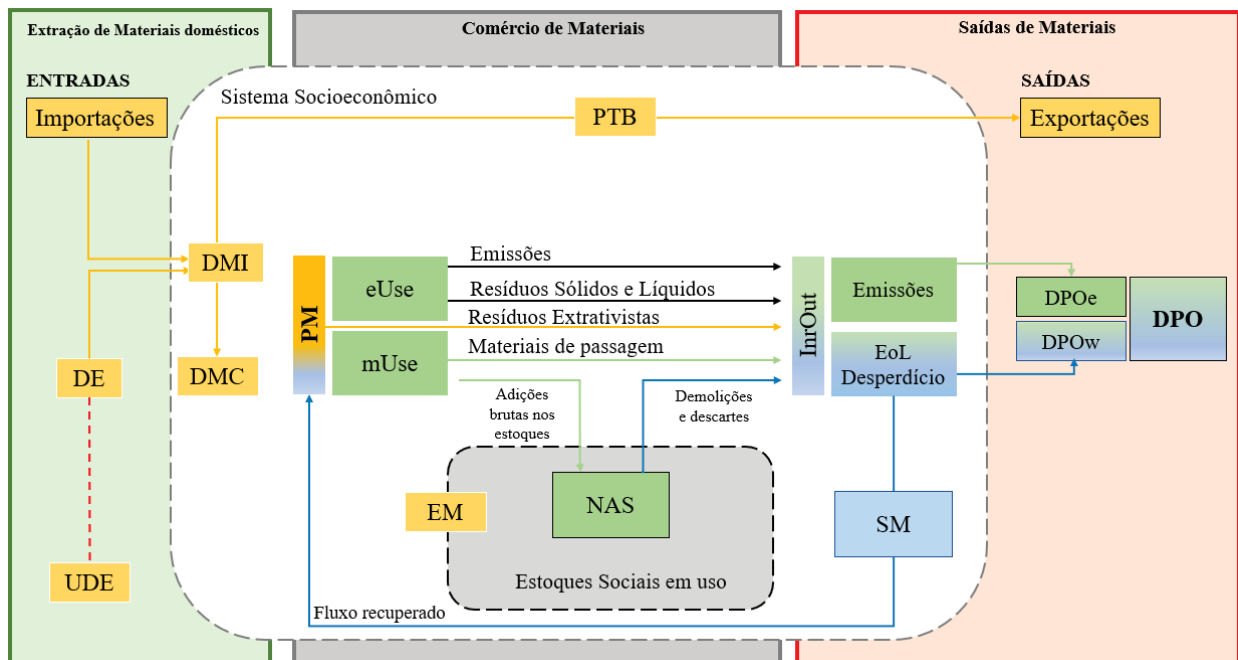
Por fim, mesmo com as limitações expostas, o modelo está aberto para possíveis adições e ajustes, assim sendo, torna-se facilmente replicável para outras economias insulares, de acordo com o contexto e peculiaridades de cada arquipélago.

4 APRESENTAÇÃO DO MODELO

A partir do conjunto de dimensões vistas na seção anterior, foi possível desenvolver um modelo de fluxo de materiais, capaz de estimar o metabolismo insular, do arquipélago de Tinharé, com base na estrutura conceitual, apresentada nos manuscritos de Fischer-Kowalski (2020); Noll et al. (2020); e, Singh et al. (2020). Desta forma, a estrutura básica do modelo sofre pequenas alterações, dependendo da estrutura metabólica da região analisada.

Neste contexto, a figura 12 apresenta o modelo de MFA aplicável à ilha de Tinharé, na Bahia, possibilitando estimar o balanço de materiais desta região.

Figura 12: Modelo do MFA aplicado à ilha de Tinharé



Elaborada pelo autor, adaptada de Fischer-Kowalski (2020); Noll et al. (2020;2021); Singh et al. (2020).

A Figura 12 refere-se ao modelo conceitual para aplicação do MFA, nas ilhas de Tinharé, com os seguintes indicadores: (DE) extração doméstica; (DPOe): emissão doméstica processada de produção; (DPOw): Saídas de resíduos domésticos processados; (DMI): Entrada de materiais diretos; (DMC): Consumo de materiais diretos; (PM): Materiais processados; (Int/Out): Saídas Intermediária; (EoL): Resíduos de Fim de Vida; (mUse): Uso de material; (eUse): Uso de energia; (SM): Materiais secundários; (UDE) Extração Doméstica não utilizada; (PTB) Balança Comercial Física; (NAS) Adições Líquidas ao estoque.

É importante mencionar que, para cada indicador existe um conjunto de materiais que o compõe, assim, é necessário que se realize a verificação dos materiais, que fazem parte do

ambiente insular pesquisado. Após essa análise tem-se a contabilidade destes materiais, de forma condensada. Nas próximas seções serão apresentados os materiais que compõem os quatro grupos principais de materiais do MFA e sua categorização.

4.1 EXTRAÇÃO DE MATERIAIS DOMÉSTICOS

Neste grupo estão inseridos os materiais que são extraídos do ambiente insular, de um modo geral, as biomassas utilizadas, tanto na alimentação dos seres humanos e animais, quanto para fornecer energia técnica, a exemplo da lenha, ou como matéria-prima para abastecimento do comércio local, a exemplo da madeira, que pode ser utilizada para construção de barcos e chalés. Nesta categoria, contabilizam-se os seguintes indicadores: extração doméstica (DE), Entrada de materiais diretos (DMI) e Consumo de materiais diretos (DMC), conforme tabela 04.

Como visto na estrutura conceitual, é necessário que se calcule os produtos e materiais oriundos da extração doméstica, que são importados para o Arquipélago. Para tanto, faz-se necessário mapear o conjunto de biomassa, que é extraída pela região pesquisada, todavia alguns grupos de culturas que fornecem a biomassa, já estão categorizado nos documentos de Schandl et al. (2018); UNEP (2021). Para o modelo do MFA aplicado ao arquipélago de Tinaré só foram levados em consideração os produtos que entram na região, como vistos na Tabela 04.

Tabela 04: *Produtos da Extração Doméstica*

Categoria	Subcategorias	Detalhamento
Culturas	Frutas	Efetuar o cálculo dos custos de colheita.
Culturas	Legumes	Efetuar o cálculo dos custos de colheita.
Resíduos	Forrageiras	Identificar quais culturas oferecem o resíduo e estimar o valor baseado no índice de umidade. Verificar tabela UNEP (2021)
Resíduos	Biomassa Pastada	Estimar o total consumido por cada tipo de animal, de acordo com a tabela da UNEP, onde multiplica o valor da tabela pelo número de cabeças existentes.
Madeira	Combustível e outras extrações	Efetuar o cálculo dos custos de colheita.
Colheita Selvagem	Captura de peixe selvagem	Não é considerada extração doméstica (DE), mas um produto secundário da indústria pecuária.
Colheita Selvagem	Todos os outros animais aquáticos capturados	Não é considerada extração doméstica (DE), mas um produto secundário da indústria pecuária.

Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de UNEP (2021) e Fischer-Kowalski (2020).

Na tabela acima, as importações estão categorizadas em biomassa de importação, que são categorizadas em frutas, legumes, forrageiras e biomassa pastada.

Conforme UNEP (2021), a biomassa compreende o material orgânico não fóssil de origem biológica, que em sua maioria, é extraída do ambiente e utilizada para alimentação humana e como ração animal. No que confere às frutas e aos legumes, é necessário que se efetue os custos relacionados ao processo de colheita. No que tange aos resíduos forrageiros, deve-se identificar quais culturas oferecem o resíduo e estimar o valor, com base na tabela da UNEP (2021). No que se refere à biomassa de pastagens, entretanto, é necessário estimar o total consumido por cada tipo de animal, de acordo com a tabela da UNEP (2021), multiplica-se o valor da tabela de consumo, pelo número de cabeças existentes.

As importações referentes aos combustíveis, captura de peixe selvagem e todos os outros materiais aquáticos são considerados extração doméstica (DE), como visto na figura 12 e orientado por Schandl et. al (2018); Noll et. al (2020); UNEP (2021). Segundo Schandl et al. (2018), a biomassa que, é calculada da forragem animal e da pastagem de gado, necessita de melhorias, pois o seu cálculo não pode ser realizado de maneira simplista. Segundo o autor, é necessário que se façam estimativas baseadas em estatísticas de produção de carne e laticínios e os valores necessários para produção de cada item. Ao realizar o cálculo das importações referentes à forragem animal, entretanto, é interessante analisar, se a ilha de Tinharé importa produtos e alimentos para a nutrição dos animais de pastagens, visto que é comum que estes animais apenas se alimentem de pastagem.

Em seus achados, Noll et al. (2020) afirmam que é necessário analisar o quanto a criação de ruminantes ameaça a economia da comunidade insular pois, segundo o autor, o ideal é que estes animais se alimentem apenas de biomassas impróprias para o consumo humano e que haja o controle populacional destes, evitando a degradação ambiental destas comunidades insulares. Herrero et al. (2015) corroboram que, avaliar a eficiência dos sistemas pecuários e como estes gerenciam seus recursos físicos em alimentos é de fundamental importância, pois além da medição da produtividade, essa avaliação possibilita averiguar a eficiência do uso dos recursos e como estes causam degradação ambiental.

Krausmann et al. (2017) ressaltam, que o consumo de biomassa tem aumentado de maneira significativa entre as populações e o uso de materiais minerais e fósseis tem aumentado de maneira uníssona com o PIB.

Ressalta-se que alguns produtos foram desconsiderados do modelo do MFA, por não fazerem parte da cultura local, tais como: trigo, nozes, oleaginosas, tabaco, culturas farmacêuticas, borracha e colheita de plantas aquáticas, desta forma não se faz necessário que se realize o fluxo destas biomassas.

4.2 COMÉRCIO DE MATERIAIS

Essa categoria está relacionada a todos os materiais que são comercializados no arquipélago e que fazem parte da contabilização dos fluxos de materiais. Assim como existe a contabilização da biomassa local, a qual será vista no tópico 5.1 é necessário que se faça a contabilização da biomassa de importação, que é comercializada no Arquipélago de Tinharé. Na Tabela 05 são expostos os principais materiais comercializados na região.

Tabela 05: *Categorias dos Materiais comercializados*

Categoria	Subcategoria	Detalhamento
Biomassa Importações	Culturas, cruas e processadas	Arroz
		Cereais
		Raízes e tubérculos
		Legumes
		Frutas
		Fibras
	Resíduos de culturas forrageiras	Culturas forrageiras (incluindo colheita de biomassa de pastagem)
		Biomassa de pastagem.
		Madeira e produtos de madeira, incluindo papel.
		Animais e produtos de animais
Minerais não metálicos	Ornamental ou pedra de construção	
	Minerais de carbonato importante no cimento.	Calcário.
		Cimento e seus produtos.
		Sal
	Areia, cascalho, rocha triturada.	Areia e cascalho industriais.
		Cascalho de areia e brita para construção.
	Outros minerais não metálicos.	
Combustíveis Fósseis	Petróleo e gás convencional.	Petróleo bruto e produtos petrolíferos líquidos.
		Gás natural e produtos petrolíferos gasosos

Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de UNEP (2021) e Fischer-Kowalski (2020).

No que tange aos materiais comercializados tem-se as biomassas de importações, que estão relacionadas às culturas cruas e processadas, tais como: arroz, cereais, raízes, legumes, frutas e fibras. Neste grupo, também estão inclusos os resíduos de culturas forrageiras, madeiras,

papel, animais aquáticos e terrestres, minerais não metálicos, que são utilizados para ornamentação e construção, além de calcário, cimento e seus produtos, areia e cascalho industriais.

Para essa categoria também foram considerados os combustíveis fósseis, que são comercializados para abastecer as embarcações locais (barcos de pequeno e médio porte, jipes e quadriciclos de passeio), e os moradores (nativos, comércio local) a exemplo do gás de cozinha, que é comercializado. Neste grupo foram desconsiderados os minerais de carbonato, a exemplo do giz, calcário, minerais fertilizantes, sal, minerais industriais, gessos, argilas especiais, argilas estruturais e carvão petróleo bruto.

Segundo Schandl et. al (2018), em 2010, cerca de 10 bilhões de materiais foram exportados mundialmente. Neste cenário, os combustíveis fósseis representam a maioria dessas exportações, passando a frente de minérios metálicos e biomassa. Deste modo, ressaltam (Del Campo, et al., 2023), que a comercialização dos combustíveis fósseis deve ser monitorada, para que não causem problemas ambientais, relacionados ao vazamento de petróleo, que ameaça o ecossistema e as zonas de lazer, problemas que prejudicam a reprodução da fauna e flora marinha e pode se estender por toda faixa costeira da região.

Zisopoulos et al. (2023) discorrem que não basta apenas cortar os combustíveis fósseis e limitar a extração de biomassa, é preciso que os governantes desenvolvam ações efetivas que gerem mudanças nos padrões locais de produção e consumo. Mudanças estas que são necessárias para que se tenha uma diminuição das externalidades negativas, como pontuados por Jhon e Pacchenino (1997) e Unerman et al. (2018). Os autores reforçam, ainda, que essas externalidades aumentam de acordo com o consumo de mercadorias e serviços, fazendo-se necessário que se tenha uma gestão eficiente de tais resíduos, punindo os principais responsáveis pela degradação que causam ao meio ambiente. Na visão de Zisopoulos et al. (2023), essas ações não são fáceis de serem realizadas principalmente em economias insulares, pois é necessário que se tenha uma grande rede colaborativa.

4.3 SAÍDAS DE MATERIAIS

As categorias de materiais apresentados nesta seção fazem parte do conjunto de massa total, que são liberados para o meio ambiente, como emissões e resíduos, após terem sido utilizados na economia doméstica. No modelo em questão, essas emissões são representadas

pelos indicadores (DPOe) Emissão doméstica processada de produção, (DPOw) Saídas de resíduos domésticos processados, (EoL) Resíduos de Fim de Vida e (Int/Out) Saídas Intermediária, conforme figura 13. A conta de DPO está subdividida em cinco categorias: emissões para o ar, resíduos aterrados (não controlados), emissões para a água, uso dissipativo de produtos e perdas dissipativas. Na tabela 06, são expostas as categorias de emissões para o ar.

Tabela 06: DPO Emissões para o ar

Saídas	Categoria	Subcategoria	Detalhamento
Emissões para o ar	Dióxido de Carbono (CO2)	CO2 da combustão de biomassa.	Biocombustíveis; biogás; biomassa para calor e eletricidade; biomassa utilizada nas áreas rurais, a exemplo de lenha.
		CO2 excluindo combustão de biomassa.	Fontes energéticas: fontes não bióticas e não energéticas (indústria).
	Metano (CH4)		Decomposição anaeróbica em aterros; digestão animal; decomposição de dejetos animais; produção e distribuição de petróleo e gás natural; produção de carvão; combustão incompleta de combustível fóssil.
	Óxido de Nitrogênio (N2O)		Combustão de combustível fóssil; processo industrial; queima de biomassa; gado e confinamentos.
	Óxidos nitrosos (Nox)		Transporte rodoviário; produção de distribuição de energia; instituições comerciais e famílias; uso de energia na indústria; transporte não rodoviário; processo industrial; agricultura; uso de solventes; desperdício.
	Hidrofluorcarbonetos (HFC's)		Processo de fabricação e vida útil de refrigeradores, condicionadores de ar etc.; produção de metais e semicondutores.
	Perfluorcarbono (PFC)		Fundição de alumínio; enriquecimento de urânio; fabricação de semicondutores.
	Hexafluoreto de Enxofre (SF6)		Isolamento de equipamentos de alta tensão; fabricação de sistemas de resfriamento de cabos.
	Monóxido de carbono (CO)		Combustão incompleta do carbono, principalmente em motores
	Dióxido de Enxofre (SO2)		Produção e distribuição de energia; uso de energia na indústria; processos industriais e uso do produto; comercial, institucional e doméstico; transporte não rodoviário.
	Metais pesados		Transporte rodoviário; Setor "processos industriais e uso de produtos".
	Poluentes orgânicos persistentes (POP's)		Comercial, institucional e doméstico; processos industriais e uso de produtos.
	Partículas (ex. poeira.)		Transporte rodoviário; agricultura; produção e distribuição de energia.

Fonte: Elaborada pelo autor, adaptada de UNEP (2021) e Fischer-Kowalski (2020).

A Tabela 06 apresenta as emissões de gases provenientes do comércio, da prestação de serviço e da indústria da economia insular, que poluem a atmosfera. Esses gases são categorizados em subcategorias como: o Dióxido de Carbono (CO₂), que possui duas subcategorias, sendo: CO₂ da combustão de biomassa e CO₂ proveniente de outras fontes energéticas. As fontes de emissões desses gases estão descritas na terceira coluna e, geralmente, são provenientes de diversas atividades, como, por exemplo, o metano (CH₄), emitidos pela decomposição anaeróbica em aterros, digestão animal, decomposição de dejetos animais, produção e distribuição de petróleo e gás natural, produção de carvão e combustão incompleta de combustível fóssil.

Em seus achados Bahers et al. (2018) identificaram, que nas ilhas do município do Havai, metade das emissões de CO₂ equivalentes são causados pela indústria de produção de níquel. Por sua vez, Kruger (2017) observou os efeitos destes gases na criação de suínos, descobrindo a existência de inúmeras externalidades negativas, principalmente, a existente na poluição do ar.

Além destes fatores, estes aterros desencadeiam inúmeros problemas para a comunidade insular, como se observa na região do Morro de São Paulo, uma vez que Bahia (2006) diagnosticou que a região enfrenta sérios problemas com os aterros sanitários, ao constatar que estes locais possuem declividade inadequada, queimada a céu aberto, resíduos de serviço de saúde, resíduos da construção civil, ausência de recobrimento e inexistência de impermeabilização do solo, sem comunicação para as autoridades responsáveis.

Segundo documento da UNEP (2021) faz-se necessário maior detalhamento na estruturação dos resíduos do DPO, pois nem sempre as estatísticas nacionais permitem o detalhamento necessário, para que se tenham dados confiáveis dos resíduos de entrada e de saída. Na resolução de tais problemas, ressalta, que se faz necessário o desenvolvimento de métodos de medição, que estejam vinculados com os fluxos de entrada e saída de materiais, bem como seu processo de conversão (UNEP, 2021).

No Brasil, entretanto, sabe-se que as informações referentes ao indicador de DPO estão disponibilizadas no site do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, bem como Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE).

Para Chertow (2004), as externalidades negativas referentes aos poluentes são aparentemente claras nos contextos insulares, no entanto poucas ações são vistas para diminuir o fluxo de emissão destes, pela iniciativa pública destas regiões.

Tabela 07: *Terra Residual, Emissões para água e resíduos dissipativos.*

Saídas	Categoria	Detalhamento
Terra residual (sem controle)	Resíduos urbanos (não controlados).	
	Resíduos industriais (não controlados).	
Emissões Para a Água	Nitrogênio.	Emissões de águas residuárias domésticas e industriais.
	Fósforo.	Emissões de águas residuárias domésticas e industriais.
	Metais pesados	Despejos industriais.
	Outras substâncias e materiais (orgânicos).	
	Despejos de materiais no mar.	Pode ser separado em lixo marinho e terrestre. O marinho inclui indústria pesqueira, navegação (turismo ou transporte), <i>offshore</i> , despejo ilegal no mar e equipe de pesca descartados. Terrestre compreende os lixos que termina nos oceanos proveniente de regiões costeiras e o que chega ao mar através dos rios, descarga para mares de aterros, enchentes, descarga pluvial de esgotos, esgotos municipais não tratado e lixo das praias e regiões costeiras (turismo).
Uso Dissipativo de Produtos	Fertilizante orgânico (esterco).	Esterco de Animais
	Fertilizante mineral.	Agricultura, os principais são Nitrogênio, Fósforo, Potássio e Enxofre.
	Lodo de esgoto.	Apenas utilizar os que são espalhados em áreas agrícolas.
	Compostagem.	
	Pesticidas.	Pode ser químico ou biológico. Dados e lista de pesticidas disponível na internet.
	Sementes	
	Solventes, gás hilariante, entre outros.	Solventes, pavimentação de estradas.

Fonte: Elaborada pelo autor adaptada de UNEP (2021) e Fischer-Kowalski (2020).

Na Tabela 07, têm-se informações referentes a três categorias de DPO, sendo possível visualizar as saídas referentes aos produtos aterrados sem controle público, estes resíduos acabam tomando diferentes destinações e seu controle é fundamental, pois fornecerá informações valiosas para estimativas do DPO, quando estes materiais são dissipados para o ar, água e terra, bem como para as contas dos estoques (NAS). Segundo UNEP (2021), a análise desta categoria é relevante para as nações pesquisadas, por fornecerem dados importantes referentes às taxas de reciclagem e reutilização, servindo de referência para políticas, que abordem as questões ambientais de maneira mais efetiva, como pontuados nos estudos de Shah et al. (2019); Popescu et al. (2020); Bogadóttter et al. (2020) Kowalski et al. (2020) e Carvalho e Costa (2021).

Entre os resíduos urbanos não controlados encontram-se os materiais descartados da construção civil, que se originam da demolição, reforma ou reconstrução de edificações, na superfície ou no subsolo. Segundo o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2023) e Merschroth et al. (2020), esses materiais de construção podem ser

recolhidos e reciclados, para que possam ser usados em outras construções, no entanto estes resíduos devem ser transportados para uma usina de reciclagem.

A falta de controle dos materiais utilizados nas edificações é uma queixa feita por Candeixa et al. (2017), ao pontuarem, que além da existência de poucos estudos a respeito da temática, os dados estatísticos sobre tais materiais “possuem base fraca de evidência” o que compromete a representação legítima dos resultados.

Para diminuir essa assimetria informacional Noll et al. (2019) sugerem que os municípios desenvolvam diretrizes e recomendações, para os projetos de construções e restaurações, evitando, assim, usos de materiais ambientalmente problemáticos. Noll et al. (2019) apontam que passos adicionais podem ser feitos, como uma política de incentivos fiscais ou financeiros, para as partes interessadas na construção destes estoques (hotéis, casas, *resorts*). Recomendações similares são vistas nas obras de Coase (1920) e Pigou (1960), conforme figura 2.

As emissões destes resíduos sólidos, tanto para a terra quanto para a água, se constituem em uma preocupação emergencial. O INEMA (Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (INEMA, 2023) realizou um diagnóstico recente sobre a qualidade da água das praias do município de Cairú, quando se diagnosticou, que algumas praias do Morro de São Paulo estão impróprias para banho e que o derramamento de óleo, extravasamento de esgoto e a maré vermelha podem ser os causadores de tal restrição. Em seus resultados, Owens et al (2011) e Brandesdshaw et al, (2020) descrevem que estes problemas são ocasionados pelo aumento do fluxo do turismo e de residentes temporários. Ressaltam que, para suprir a demanda destes visitantes, são necessários volumes considerados de produtos e serviços como vistos nas ilhas de Antígua e Barbuda. Preocupações similares são vistas no Arquipélago de Fernando de Noronha, pois a poluição de microplástico representa um risco para todo ecossistema (Carvalho e Silva, 2021).

Para Hof e Schmitt (2011), a falta de controle da utilização da água, pelo setor do turismo é algo que deve ser revisto de maneira primordial e que informações, como a demanda hídrica turística nos seus diferentes subsetores (residências, comércios, instalações de diversas, atividades) são importantes para que as autoridades locais possam definir prioridades, para programas de conservação de água, ou melhor, gerenciamento de demanda. A Empresa Baiana de Abastecimento e Saneamento (EMBASA), que cuida do abastecimento hídrico da região de Cairú, aponta que a região é “abastecida sazonalmente por três poços tubulares, provenientes de mananciais subterrâneos, localizados na Fazenda Caeira, com produção média de 120m³/dia” e de água tratada, cerca de 998m³/dia (EMBASA, 2014).

Em suas indagações, Brattebø et al. (2009) e Paliuk et al. (2014) ressaltam a importância da abordagem sistêmica, para compreensão dos limites e das fronteiras ambientais das comunidades urbanas e insulares. Para os autores, essa visão é importante, pois leva em consideração a vida útil dos estoques e sua demanda por materiais, energia, solo, mas que, ao mesmo tempo, são responsáveis pela mobilização dos recursos físicos e monetários de uma região.

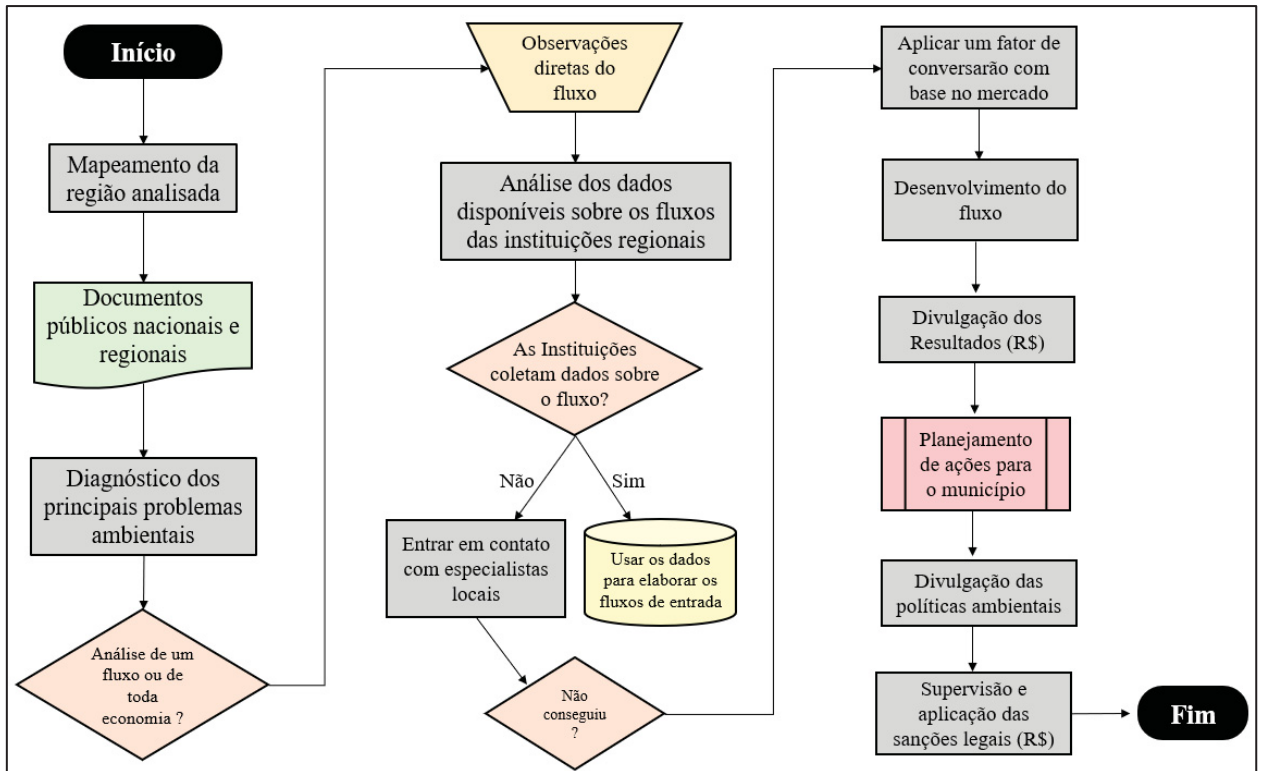
Deste modo, é importante que haja uma comunicação massiva entre a comunidade e os atores públicos, principalmente no que se refere à manutenção de práticas ambientalmente corretas no manejo, descarte e controle destes materiais. O MFA torna-se, desta forma, uma ferramenta que propicia a contabilização destes fluxos de maneira integrada. Entretanto, ressalta que, se não houver uma conscientização coletiva, os planos de sustentabilidade de curto e longo prazo serão cessados.

4.4 PROCESSO DE APLICAÇÃO E SUCESSO DO MFA EM CONTEXTO INSULARES

A aplicação do MFA permite que os pesquisadores documentem os fluxos de materiais e energia, que são processados por um sistema econômico, como visto nas seções anteriores, em que o MFA faz o mapeamento e o reconhecimento destes produtos, originados da extração doméstica (DE) e acabam sendo processados e escoados para o meio ambiente, alguns em forma de resíduos e outros são coletados para reciclagem (Krausmann et al. 2004).

É importante reconhecer os esforços realizados pelos pesquisadores na aplicação do MFA em pequenas economias insulares, sobretudo porque essas comunidades necessitam de instrumentos de controle, capazes de mensurar os fluxos de materiais consumidos e processados pelos estoques, bem como, devido às pressões causadas ao meio ambiente, que interferem negativamente no metabolismo local. A Figura 13 apresenta um fluxograma de como pode ser aplicado o modelo do MFA, no arquipélago de Tinharé.

Figura 13: Fluxograma de aplicação do MFA no Arquipélago de Tinharé



Fonte: Elaborado pelo autor, (2023).

O fluxograma acima aponta para a necessidade de, primeiramente, se realizar o mapeamento da região pesquisada, neste caso, o município de Cairú e sua composição administrativa. Este passo é importante, pois permitirá a compreensão da estrutura organizacional das ilhas que fazem parte da região, assim como compreender os mecanismos de gestão dos materiais que são extraídos do arquipélago e seus respectivos fluxos.

Em um segundo momento, é recomendável que seja feita uma checagem nos documentos públicos disponíveis nos canais de comunicação da prefeitura, principalmente, no *site* oficial do município, as primeiras evidências podem ser coletadas, pelo *site* <https://www.cairu.ba.gov.br/>, na aba denominada portal de transparência pública municipal. Neste ambiente serão encontradas informações referentes às contas anuais, licitações, despesas e receitas municipais e relações de compras. No entanto, para saber a quantidade de empresas (comércio, serviços e indústrias) alocadas no município, é necessário que os responsáveis pela aplicação do método, enviem um *e-mail* para a secretária de tributos do município.

Caso não sejam encontradas as informações necessárias em documentos oficiais, o pesquisador deverá analisar fontes secundárias, a exemplo de pesquisas científicas, dados nacionais e outros documentos que possibilitem a análise desejada.

No que tange à aplicação do MFA Fischer-Kowalski et al. (2020); Noll et al. (2020) e Zisopoulos et al. (2023) relatam dificuldade em encontrar documentos para análise do fluxos de

alguns materiais. Na sequência, faz-se necessário que os aplicadores do MFA verifiquem a abrangência do método, pois a depender dos recursos materiais, orçamentários e documentais é importante que se faça um recorte dos fluxos de materiais mais problemáticos, como no caso de Shah et al (2019) e Carvalho e Silva (2021) que analisaram apenas os fluxos dos resíduos plásticos, Merschroth et al. (2020) materiais de construção, Noll et al. (2020) pequenos ruminantes e Elgie et al. (2021) os fluxos de matérias plásticas, pneus e óleo de motor da ilha de Granada no Caribe.

É importante que os pesquisadores façam observações diretas dos fluxos pesquisados, nesta etapa que, prioritariamente, deve ser presencial. Além disso, entrevistas podem ser agendadas para a melhor compreensão do fluxo de materiais, como exemplifica a Professora e pesquisadora, Marina Fischer-Kowalski, que organiza expedições anuais para a ilha de Samothraki, com o objetivo de verificar os principais problemas metabólicos da região; quando analisam o ecossistema local, elaboram entrevistas e fazem diagnósticos das possíveis pressões ambientais enfrentadas na região. O referido processo pode ser apreciado no documentário: *Wings of Samothraki – Pathways to Sustainable Development* – (Faymann & Habeler, 2019) e nos estudos de Shah et al (2019); Noll et al (2020); Popescu et al (2020); Fischer-Kowalski (2020); Carvalho e Silva (2021) e Singh et al (2021).

De modo adicional, é necessário que os pesquisadores analisem as bases de dados regionais, a fim de verificar a existência de dados mais detalhados sobre os resíduos pesquisados, como visto nos procedimentos adotados por Shah et al (2019). No entanto, no caso da entidade pública não possuir controle destes dados, outras estratégias de análise devem ser adotadas.

O documento elaborado pela UNEP (2021) orienta que sejam feitas estimativas de valores, com base nos preços de mercado e consultas com especialistas (engenheiros ambientais, biólogos, contadores, administradores, empresários locais etc.), visto que estes profissionais poderão auxiliar no desenvolvimento de estimativas confiáveis sobre o peso e/ou custo de cada material. No entanto, se não houver nenhum tipo de relatório estatístico para as contas do MFA de minerais e metálicos, as contas desta categoria não poderão ser construídas. Deste modo, a ausência de dados pode se caracterizar no grande antagonista para elaboração do MFA, na ilha de Tinaré.

Uma vez coletados todos os dados, os pesquisadores poderão utilizar o *software e!Sankey*, para a construção e apresentação gráfica dos fluxos. Após esta etapa, é importante que os resultados sejam divulgados para as autoridades do arquipélago, bem como para os moradores e comerciantes locais. Deste modo, é aconselhável a realização de audiências públicas com o

objetivo de discutir a aplicação de políticas de controle de preservação ambiental. Essa iniciativa é a espinha dorsal para a aplicação bem-sucedida do MFA. Segundo Shah et al. (2019), os atores locais devem ser envolvidos em ações estratégicas de mitigação dos impactos ambientais, causados pelo uso excessivo dos ecossistemas insulares.

Fischer-Kowalski (2020) possui um ponto de vista similar; para a autora o êxito dos programas de preservação ambiental será alcançado se houver políticas claras de apoio e orientação. Como exemplo, tem-se a organização de atividades de educação ambiental e campanhas de sensibilização do público, o que resultará em comportamentos pró-ambientais (Carvalho e Silva, 2021). Singh et al (2023) sinaliza que a utilização de métodos para preservação dos ecossistemas insulares é importante para o fornecimento de indicadores-chaves de monitoramento ambiental.

Deste modo, o MFA se apresenta como um método importante na aplicação de medidas de controle dos fluxos de manterias, das pequenas economias insulares, todavia diversos são os desafios no processo de aplicação do método. O maior deles tende a ser a disponibilidade de dados e a cooperação sistêmica dos diversos autores pertencentes a estas comunidades.

5 IMPLICAÇÕES, LIMITAÇÕES E CAMINHOS FUTUROS

5.1 IMPLICAÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS

No que concerne às implicações teóricas, este estudo possui a capacidade de incrementar a literatura existente sobre MFA em ambientes insulares, principalmente em países da América Latina, em que o método ainda é pouco propagado.

A difusão do MFA em economias insulares brasileiras possibilita que os fluxos de resíduos sejam avaliados, com base em estimativas internacionais, seguindo os caminhos de Singh et al. (2019); Fischer-Kowalski et al. (2020); Cherton et al. (2020); Noll et al. (2021) e Singh et al. (2023).

A aplicação do MFA como estimador do metabolismo insular apoia o reconhecimento e mensuração do capital natural, bem como acrescenta aos estudos críticos sobre a temática, tópico recorrente nas discussões atuais da contabilidade sobre a mensuração destes ativos e como as entidades estão sendo responsabilizadas pelos prejuízos causados ao meio ambiente. Para além de uma discussão passiva, o MFA é um instrumento político, capaz de comunicar o peso e os custos da intervenção das entidades no meio ambiente e o quanto essas ações contribuem para o aumento das externalidades negativas. Todavia, foi observado que mensurar e reconhecer o impacto das entidades no meio ambiente, não é uma tarefa simplória, uma vez que, depende da colaboração dos diversos atores e a contabilidade se junta às demais ciências, no intuito de contribuir com o aprimoramento dos métodos de mensuração ambiental.

A pesquisa em questão também fornece *insights* valiosos para responder as prioridades do *International Sustainability Standards Board* (ISSB) quanto à atuação nos próximos dois anos, conforme visto na consulta pública, divulgada pelo *Internacional Financial Standards Board* (2023).

O modelo do MFA fornecerá maior transparência em torno das atividades corporativas que afetam o desenvolvimento sustentável, do Arquipélago de Tinharé, principalmente no que se refere ao orçamento destinado à promoção de políticas de preservação ambiental.

Para as organizações, o modelo fornecerá possibilidades de melhorias no controle dos fluxos dos resíduos gerados pelas atividades que fornecem para os nativos e turistas, sejam as comerciais, industriais ou na prestação de serviço.

A aplicação do MFA também possibilitará que a prefeitura de Cairu identifique os pontos falhos na gestão de resíduos municipais e proponha melhorias tanto estruturais quanto

orçamentarias. Todavia essas melhorias devem ser elaboradas com a colaboração dos diversos *stakeholders* e a cooperação e conscientização deverá ser feita de maneira contínua.

5.2 LIMITAÇÕES

A pesquisa em questão está limitada unicamente a análise dos fluxos de materiais do Arquipélago de Tinharé, na Bahia, assim sendo estará sujeita a sofrer alterações de acordo com a estruturação política, social e ambiental, de cada economia insular.

É importante destacar, também, que poderá haver dificuldades na aplicação do modelo, pela falta de dados sólidos sobre a extração, comércio e saída de materiais, o que pode vir a comprometer a análise dos indicadores do MFA.

Pode ocorrer, ainda, que as categorias de materiais apresentadas em cada indicador do modelo do MFA, baseadas em fontes primárias, não correspondam com a realidade local, fazendo-se necessário realizar adições ou exclusões no modelo. Técnicas adicionais também podem ser aplicadas, para o levantamento fiel das categorias que compõem os indicadores do modelo, ressalta-se, no entanto que a adição de novas técnicas de análise, poderá consumir mais recursos e tempo de coleta dos dados. Ressalta-se, finalmente, que a aplicação do modelo também poderá sofrer restrições, por parte da prefeitura municipal de Cairú, por falta de recursos financeiros, materiais e humanos, entre outros.

5.3 CAMINHOS FUTUROS

O MFA é uma técnica relativamente nova, e há possibilidades ilimitadas de pesquisas principalmente nos ambientes insulares. Deste modo, encoraja-se a aplicação do modelo apresentado nesta investigação no arquipélago estudado, bem como em outras economias. No entanto, faz-se necessário que sejam feitos ajustes nas categorias de análise, a fim de adequá-las à realidade local. Ademais, estudos futuros poderão focar na análise apenas de um dos fluxos de materiais consumidos pelos ilhéus, tais como: plástico, metal e alumínio. Além disso, seria interessante a aplicação de técnicas adicionais, para melhor compreensão destes fluxos e categorias, tais como: entrevistas, observações diretas e grupos focais, com diferentes especialistas e *stakeholders*.

6 CONCLUSÕES

A presente tese teve por objetivo demonstrar como a contabilidade de fluxos de materiais contribui para a construção de um modelo do metabolismo insular, do arquipélago de Tinharé, na Bahia, região nordeste do Brasil. Também foram elaborados objetivos específicos para: a) Apresentar um modelo de contabilidade de fluxo de materiais aplicado ao arquipélago de Tinharé b) Fornecer uma abordagem integrada de análise de fluxos de materiais c) Demonstrar como deve ser realizada a aplicação do MFA, assim como seus desafios para as pequenas economias insulares.

Ressalta-se, que o Arquipélago de Tinharé possui uma pluralidade de espécies animais e vegetais, que precisam ser protegidos do avanço do turismo e da expansão das atividades extrativistas, cujas demandas são promovidas pelo aumento dos estoques, que, consequentemente, trazem problemas para o meio ambiente, principalmente referentes ao descarte destes resíduos.

Deste modo, o modelo do MFA mostra-se como um estimador capaz de quantificar, mensurar e reconhecer os fluxos de materiais custosos, para as economias insulares de forma integrada. Todavia, constatou-se que o êxito na aplicação do MFA depende de esforços e cooperações múltiplos, que devem ser polinizados pela iniciativa pública e privada, pontos que são endossados nas evidências empíricas de Fischer-Kowalski et al. (2020), Noll et al. (2019) e Singh et al. (2023).

A formatação do modelo do MFA, aplicado ao Arquipélago de Tinharé foi desenhada a partir das análises de trabalhos relacionados ao metabolismo insular. A necessidade da apresentação do modelo se deu pela elaboração de um estudo piloto, que forneceu informações valiosas sobre o processo de aplicação do MFA, bem como a precariedade na disponibilidade dos dados coletados, fruto de um controle público ineficaz.

Neste sentido, ao apresentar o modelo de MFA e como seus indicadores (DE, DMI, DMC, NAS PM, DPO) estão integrados, os dois primeiros objetivos propostos são alcançados, visto que a aplicação do modelo deve ser elaborada por etapas e os aplicadores devem tomar decisões em cada processo. Principalmente no que diz respeito à coleta dos dados e a busca por estimativas confiáveis, em caso de dúvidas na mensuração dos fluxos. Desta forma, com a descrição das etapas de aplicação do MFA, o terceiro objetivo da tese é alcançado.

Assim, concluiu-se que, é de suma importância que a prefeitura de Cairú desenvolva práticas sustentáveis, capazes de diminuir os danos ambientais causados pela população local e

pelo turismo desenfreado. Neste sentido, as ações devem ser voltadas para a preservação da biodiversidade local, promoção da reciclagem, descarte correto dos resíduos produzidos pelos ilhéus, fiscalização e aplicação de multas, para as entidades poluidoras.

Entretanto, ressalta-se que o desenvolvimento das referidas práticas mostra-se tímido e desafiador, para a gestão pública, principalmente por envolver mudanças na legislação municipal, alocação de profissionais especializados e disponibilidade orçamentária. Desta forma, a contabilidade torna-se fundamental para a estimação monetária das ações promovidas pelas entidades públicas, uma vez que o acompanhamento dos recursos financeiros, que são alocados nos fluxos de materiais consumidos pelas economias insulares servirá como evidência de controle, divulgação e transparência pública.

Por fim, argumenta-se que a partir do modelo do MFA apresentado e discussões compartilhadas, foi possível responder à questão da pesquisa, apresentada nesta tese. De fato, foi constatado como o MFA contribui para a construção de um modelo de metabolismo insular do arquipélago de Tinharé, na Bahia, todavia sua aplicação depende da disponibilidade de dados e interesse de aplicação, por parte das entidades pública.

Constatou-se, ainda, por meio dos estudos antecedentes, e das experiências advindas desta pesquisa, que o maior entrave à eficácia de um projeto, como o aqui proposto, está na cooperação interdisciplinar e na conscientização corporativa, sem os quais, dificilmente a aplicação do MFA será bem-sucedida, o que compromete a criação de sinergias efetivas, entres os setores econômicos das comunidades insulares, pois além de existir esses ambientes precisam coexistir, para suprir as demandas das futuras gerações e espécies.

REFERÊNCIAS

- Ayres R.U., Kneese Av. 1969. Production, consumption, and externalities. *Am. Econ. Rev.* 59:28-97.
- Allesch, A., & Brunner, P. H. (2015). Material flow analysis as a decision support tool for waste management: A literature review. *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 753-764.
- Aragão, A., & Giampietro, M. (2016). An integrated multi-scale approach to assess the performance of energy systems illustrated with data from the Brazilian oil and natural gas sector. *Energy*, 115, 1412-1423.
- Ashton, W. & Chertow, M. (2004). Industrial ecology: A framework for sustainable industrial development on small islands. Second Caribbean Environmental Forum and Exhibition-CEF.
- Bernini, G, at al. (2009). *Tá Escrito*. Canção com mensagem de superação e esperança. Em <https://www.deezer.com>artist> Acessado em: 07 de Junho de 2023.
- Bahers, J. B., Higuera, P., Ventura, A., & Antheaume, N. (2020). The “Metal-Energy-Construction Mineral” Nexus in the Island Metabolism: The Case of the Extractive Economy of New Caledonia. *Sustainability*, 12(6), 2191.
- Bahia. Ministério Público. (2006) Desafio do lixo: problemas, responsabilidades e perspectivas: Relatório 2006/2007 / *Ministério Público do Estado da Bahia*. Centro de Apoio Operacional às Promotorias de Justiça de Meio Ambiente. Salvador: Ministério Público, 2006.
- Banzhaf, H. S., Fitzgerald, T., & Schnier, K. (2013). Nonregulatory approaches to the environment: Coasean and Pigouvian perspectives. *Review of Environmental Economics and Policy*.
- Bebbington, J., Larrinaga, C., O'Dwyer, B., & Thomson, I. (Eds.). (2021). *Routledge handbook of environmental accounting*. Oxon: Routledge.
- Bebbington, J., & Gray, R. (2001). An account of sustainability: failure, success and a reconceptualization. *Critical perspectives on accounting*, 12(5), 557-587.
- Bithas, K. (2011). Sustainability and externalities: Is the internalization of externalities a sufficient condition for sustainability? *Ecological Economics*, 70(10), 1703-1706.
- Bittencourt, M. (2018, 27 de janeiro). *Mesmo com tarifa de manutenção, Morro de São Paulo sofre com lixo* . Jornal Correio.

- <https://www.correio24horas.com.br/noticia/nid/mesmo-com-tarifa-de-manutencao-morro-de-sao-paulo-sofre-com-lixo/>. Acessado em: 25 de fevereiro de 2023.
- Bogadóttir, R. (2020). The social metabolism of quiet sustainability in the Faroe Islands. *Sustainability*, 12(2), 735.
- Boyden, S., Millar, S., Newcombe, K., & O'Neill, B. (1981). *The ecology of a city and its people: the case of Hong Kong*. Australian National University Press.
- Bradshaw, J., Jit Singh, S., Tan, S. Y., Fishman, T., & Pott, K. (2020). GIS-based Material Stock Analysis (MSA) of Climate Vulnerabilities to the Tourism Industry in Antigua and Barbuda. *Sustainability*, 12(19), 8090.
- Brattebo, H., Bergsdal, H., Sandberg, N. H., Hammervold, J., & Müller, D. B. (2009). Exploring built environment stock metabolism and sustainability by systems analysis approaches. *Building Research & Information*, 37(5-6), 569-582.
- Brasil. Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional. *MDR debate encerramento de lixões em Valença e Morro de São Paulo, na Bahia*. (2022). <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/mdr-debate-encerramento-de-lixoes-em-valenca-e-morro-de-sao-paulo-na-bahia>. Acessado em: 25 de fevereiro de 2023.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente e do Clima. (2023). <http://conama.mma.gov.br/>. Acessado em: 10 de maio de 2023.
- Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2016). *Handbook of material flow analysis: For environmental, resource, and waste engineers*. CRC press.
- Burbano, D. V., Valdivieso, J. C., Izurieta, J. C., Meredith, T. C., & Ferri, D. Q. (2022). “Rethink and reset” tourism in the Galapagos Islands: Stakeholders. Views on the sustainability of tourism development. *Annals of Tourism Research Empirical Insights*, 3(2), 100057.
- Cadillo-benalcazar, J. J., Renner, A., & Giampietro, M. (2020). A multiscale integrated analysis of the factors characterizing the sustainability of food systems in Europe. *Journal of Environmental Management*, 271, 110944.
- Carvalho, J. P., Silva, T. S., & Costa, M. F. (2021). Distribution, characteristics and short-term variability of microplastics in beach sediment of Fernando de Noronha Archipelago, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 166, 112212.
- Cechin, A. D., & Veiga, J. E. D. (2010). A economia ecológica e evolucionária de Georgescu-Roegen. *Brazilian Journal of Political Economy*, 30, 438-454.
- Chertow, M. R., Graedel, T. E., Kanaoka, K. S., & Park, J. (2020). The Hawaiian Islands: Conceptualizing an Industrial Ecology Holarchic System. *Sustainability*, 12(8), 3104.
- Chi, Y., Shi, H., Wang, Y., Guo, Z., & Wang, E. (2017). Evaluation on island ecological vulnerability and its spatial heterogeneity. *Marine Pollution Bulletin*, 125(1-2), 216-241.

- Chi, Y., Zhang, Z., Xie, Z., & Wang, J. (2020). How human activities influence the island ecosystem through damaging the natural ecosystem and supporting the social ecosystem? *Journal of Cleaner Production*, 248, 119203.
- Condeixa, K., Haddad, A., & Boer, D. (2017). Material flow analysis of the residential building stock at the city of Rio de Janeiro. *Journal of Cleaner Production*, 149, 1249-1267.
- Decker, E. H., Elliott, S., Smith, F. A., Blake, D. R., & Rowland, F. S. (2000). Energy and material flow through the urban ecosystem. *Annual review of energy and the environment*, 25(1), 685-740.
- Decreto nº 1.240. Área de Proteção Ambiental das Ilhas de Tinharé e Boipeba (05 de junho de 1992). <http://www.inema.ba.gov.br/>.
- Del campo, F. X., Singh, S. J., & Mijts, E. (2023). The resource (in) sufficiency of the Caribbean: Analyzing Sociometabolic Risks (SMR) of Water, Energy, and Food. *Frontiers in Climate*, 5, 36.
- Deschenes, P. J., & Chertow, M. (2004). An island approach to industrial ecology: towards sustainability in the island context. *Journal of Environmental Planning and Management*, 47(2), 201-217.
- Dierkes, S., & Siepelmeyer, D. (2019). Production and cost theory-based material flow cost accounting. *Journal of Cleaner Production*, 235, 483-492.
- Djekic, I., Miocinovic, J., Tomasevic, I., Smigic, N., & Tomic, N. (2014). Environmental life-cycle assessment of various dairy products. *Journal of cleaner production*, 68, 64-72.
- Eckelman, M. J., Ashton, W., Arakaki, Y., Hanaki, K., Nagashima, S., & Malone-Lee, L. C. (2014). Island waste management systems: Statistics, challenges, and opportunities for applied industrial ecology. *Journal of industrial ecology*, 18(2), 306-317.
- El jourmi, L., Labjar, N., Dalimi, M., Harti, S., Dhiba, D., El Messaoudi, N., ... & El Hajjaji, S. (2022). Life cycle assessment (LCA) in the olive oil value chain: A descriptive review. *Environmental Development*, 100800.
- Elgie, A. R., Singh, S. J., & Telesford, J. N. (2021). You can't manage what you can't measure: The potential for circularity in Grenada's waste management system. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105170.
- Embasa. (2014). Relatório Anual de Informações ao Consumidor recuperado de: https://www.embasa.ba.gov.br/images/a-embasa/areas-de-atuacao/relatorio-anual-consumidor/2014/cairu_morro_de_sao_paulo_2014.pdf. Acessado em 10 de maio de 2023.
- Faymann, A., & Habeler, D. Kipos1. Wings of Samothraki – Pathways to Sustainable Development. 3 de out. 2019. *You Tube*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=S3SzFfiYIXM&list=LL&index=9>.

- Fakoya, M. B., & van der Poll, H. M. (2013). Integrating ERP and MFCA systems for improved waste-reduction decisions in a brewery in South Africa. *Journal of Cleaner Production*, 40, 136-140.
- Fan, D., Breslin, D., Callahan, J. L., & Iszatt-White, M. (2022). Advancing literature review methodology through rigour, generativity, scope and transparency. *International Journal of Management Reviews*, 24(2), 171-180.
- Fischer-kowalski, M. (1998). Society's metabolism: the intellectual history of materials flow analysis, Part I, 1860–1970. *Journal of industrial ecology*, 2(1), 61-78.
- Fischer-kowalski, M., & Haberl, H. (Eds.). (2007). *Socioecological transitions and global change: Trajectories of social metabolism and land use*. Edward Elgar Publishing.
- Fischer-kowalski, M., Krausmann, F., Giljum, S., Lutter, S., Mayer, A., Bringezu, S., & Weisz, H. (2011). Methodology and indicators of economy-wide material flow accounting: State of the art and reliability across sources. *Journal of Industrial Ecology*, 15(6), 855-876.
- FISCHER-KOWALSKI, M., Löw, M., Noll, D., Petridis, P., & Skoulikidis, N. (2020). Samothraki in Transition: A Report on a Real-World Lab to Promote the Sustainability of a Greek Island. *Sustainability*, 12(5), 1932.
- Fischer-kowalski, M., & Weisz, H. (2016). The archipelago of social ecology and the island of the Vienna school. *Social ecology*, 3-28.
- Fishman, T., Schandl, H., Tanikawa, H., Walker, P., & Krausmann, F. (2014). Contabilizando o estoque material das nações. *Journal of Industrial Ecology*, 18 (3), 407-420.
- Furtado, L. L., & Panhoca, L. (2020). How are the variables for the measurement of natural capital being elaborated? *Journal of environmental management*, 262, 110264.
- Garcia-torea, N., Larrinaga, C., & Luque-Vilchez, M. (2022). Bridging the Understanding of Sustainability Accounting and Organizational Change. *Organization & Environment*, 10860266221083339.
- GERBER, J. F., & Scheidel, A. (2018). In search of substantive economics: Comparing today's two major socio-metabolic approaches to the economy—MEFA and MuSIASEM. *Ecological Economics*, 144, 186-194.
- Giampietro, M., Mayumi, K., & Ramos-Martin, J. (2009). Multi-scale integrated analysis of societal and ecosystem metabolism (MuSIASEM): Theoretical concepts and basic rationale. *Energy*, 34(3), 313-322.
- Gonçalves, M. V. P., Santos, R. A., Porciuncula, D. C. L. D., & Silva, I. R. (2019). Gerenciamento costeiro e serviço ecossistêmico de qualidade das águas das Ilhas de Tinharé e Boipeba, Cairu, Bahia (Brasil). *SEMOC-Semana de Mobilização Científica*.
- Gray, R., Walters, D., Bebbington, J., & Thompson, I. (1995). The greening of enterprise: an exploration of the (non) role of environmental accounting and environmental accountants in organizational change. *Critical perspectives on accounting*, 6(3), 211-239.

- Gray, R., Owen, D., & Adams, C. (1996). Changes and challenges in corporate social and environmental reporting. *Accounting and Accountability*.
- Gray, D. E. (2016). *Pesquisa no mundo real*. Penso Editora.
- Guibrunet, L., Calvet, M. S., & Broto, V. C. (2017). Flows, system boundaries and the politics of urban metabolism: Waste management in Mexico City and Santiago de Chile. *Geoforum*, 85, 353-367.
- Grima, N., Singh, S. J., & Smetschka, B. (2017). Decision making in a complex world: Using OPTamos in a multi-criteria process for land management in the Cuitzmala watershed in Mexico. *Land use policy*, 67, 73-85.
- Haberl, H., Wiedenhofer, D., Pauliuk, S., Krausmann, F., Müller, D. B., & Fischer-Kowalski, M. (2019). Contributions of sociometabolic research to sustainability science. *Nature Sustainability*, 2(3), 173-184.
- Haberl, H., Wiedenhofer, D., Erb, K. H., Görg, C., & Krausmann, F. (2017). The material stock–flow–service nexus: a new approach for tackling the decoupling conundrum. *Sustainability*, 9(7), 1049.
- Herrero, M., Wirsenius, S., Henderson, B., Rigolot, C., Thornton, P., Havlík, P., & Gerber, P. J. (2015). Livestock and the environment: what have we learned in the past decade? *Annual Review of Environment and Resources*, 40, 177-202.
- Hernández-delgado, E. A. (2015). The emerging threats of climate change on tropical coastal ecosystem services, public health, local economies and livelihood sustainability of small islands: Cumulative impacts and synergies. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1), 5-28.
- Hof, A., & Schmitt, T. (2011). Urban and tourist land use patterns and water consumption: Evidence from Mallorca, Balearic Islands. *Land Use Policy*, 28(4), 792-804.
- Ipah, Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. (nd). Portal. iphan.gov.br. Recuperado em 23 de abril de 2023. Acessado em: <http://portal.iphan.gov.br>.
- Huerta, A. R., Güereca, L. P., & Lozano, M. D. L. S. R. (2016). Environmental impact of beef production in Mexico through life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 109, 44-53.
- Ifrs – Consultation now open: *The ISSB seeks feedback on its priorities for the next two years*. (n.d) acessado em: <https://www.ifrs.org/news-and-events/news/2023/05/issb-feedback-on-its-priorities-for-the-next-two-years/>. Acessado em 17 maio de 2023.
- Inema. Governo do Estado da Bahia. (2023) recuperado em: <http://www.inema.ba.gov.br/2023/05/confira-a-balneabilidade-das-praias-para-o-final-de-semana/>. Acesso em 13 de maio de 2023.
- Islam, M. T., & Huda, N. (2019). Material flow analysis (MFA) as a strategic tool in E-waste management: Applications, trends and future directions. *Journal of environmental management*, 244, 344-361.

- Island Conservation. (2023) Island Conservation. Recuperado em 13 de março de 2023 acesso em: <https://www.islandconservation.org/>
- John, A. A., & Pecchenino, R. A. (1997). International and intergenerational environmental externalities. *Scandinavian Journal of Economics*, 99(3), 371-387.
- Joskow, P. L. (1992). Weighing environmental externalities: let's do it right! *The Electricity Journal*, 5(4), 53-67.
- Lanau, M., Mao, R., & Liu, G. (2021). Cities as organisms: Urban metabolism of the four main Danish cities. *Cities*, 118, 103336.
- Lei, J., Huang, B., & Huang, Y. (2020). Life cycle thinking for sustainable development in the building industry. In *Life Cycle Sustainability Assessment for Decision-Making* (pp. 125-138). Elsevier.
- Loizia, P., Voukkali, I., Zorpas, A. A., Pedreno, J. N., Chatziparaskeva, G., Inglezakis, V. J., & Doula, M. (2021). Measuring the level of environmental performance in insular areas, through key performed indicators, in the framework of waste strategy development. *Science of the Total Environment*, 753, 141974.
- Lu, Y., Geng, Y., Qian, Y., Han, W., McDowall, W., & Bleischwitz, R. (2016). Changes of human time and land use pattern in one mega city's urban metabolism: a multi-scale integrated analysis of Shanghai. *Journal of Cleaner Production*, 133, 391-401.
- Kasemset, C., Chernsupornchai, J., & Pala-ud, W. (2015). Application of MFCA in waste reduction: case study on a small textile factory in Thailand. *Journal of cleaner production*, 108, 1342-1351.
- Kennedy, C., Cuddihy, J., & Engel-Yan, J. (2007). The changing metabolism of cities. *Journal of industrial ecology*, 11(2), 43-59.
- Kokubu, K., Campos, M. K. S., Furukawa, Y., & Tachikawa, H. (2009). Material flow cost accounting with ISO 14051. *ISO management systems*, 2, 15-18.
- Krausmann, F., Weisz, H., & Eisenmenger, N. (2016). Transitions in sociometabolic regimes throughout human history. In *Social Ecology* (pp. 63-92). Springer, Cham.
- Krausmann, F., Schandl, H., Eisenmenger, N., Giljum, S., & Jackson, T. (2017). Material flow accounting: measuring global material use for sustainable development. *Annual Review of Environment and Resources*, 42, 647-675.
- Krausmann, F., Richter, R., & Eisenmenger, N. (2014). Resource use in small island states: Material flows in Iceland and Trinidad and Tobago, 1961–2008. *Journal of industrial ecology*, 18(2), 294-305.
- Kruger, S. D. (2017). Conjunto de indicadores para avaliação da sustentabilidade da produção suinícola. (Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina). Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/188782/PPGC0156-T.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

- Maldonado, T. V., Panhoca, L., & Allievi, F. (2019). MuSIASEM analysis structure proposal for micronarratives on extractive productive chains in the Amazon context. *Ecological Indicators*, 106, 105509.
- Marcos-valls, A., Kovacic, Z., Giampietro, M., Kallis, G., & Rieradevall, J. (2020). Isolado, mas aberto: Uma análise metabólica de Menorca. *Ciência do Ambiente Total*, 738, 139221.
- Marx, K. (2013). Crítica da economia política: o processo de produção do capital. *Trad. Rubens Enderle. São Paulo: Boitempo.*
- Matthews, E., C. Amann, M. Fischer-Kowalski, S. Bringezu, W. Hüttler, R. Kleijn, Y. Moriguchi, et al. 2000. *The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies*. Washington D.C.: World Resources Institute.
- Meti- Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry (Eds.). (2007). Guide for Material Flow Cost Accounting.
- Merschroth, S., Miatto, A., Weyand, S., Tanikawa, H., & Schebek, L. (2020). Lost Material Stock in Buildings due to Sea Level Rise from Global Warming: The Case of Fiji Islands. *Sustainability*, 12(3), 834.
- MILLETTE, S., Williams, E., & Hull, C. E. (2019). *Materials flow analysis in support of circular economy development: Plastics in Trinidad and Tobago. Resources, Conservation and Recycling*, 150, 104436.
- Mohammadi, E., Singh, S. J., & Habib, K. (2021). How big is circular economy potential on Caribbean islands considering e-waste? *Journal of Cleaner Production*, 317, 128457.
- Molina, M. G., & Toledo, V. M. (2014). *The social metabolism: a socio-ecological theory of historical change* (Vol. 3). Springer.
- Muñoz, P., & Hubacek, K. (2008). Material implication of Chile's economic growth: Combining material flow accounting (MFA) and structural decomposition analysis (SDA). *Ecological Economics*, 65(1), 136-144.
- Niza, S., Rosado, L., & Ferrao, P. (2009). Urban metabolism: methodological advances in urban material flow accounting based on the Lisbon case study. *Journal of Industrial Ecology*, 13(3), 384-405.
- Nishitani, K., Kokubu, K., Wu, Q., Kitada, H., Guenther, E., & Guenther, T. (2022). Material flow cost accounting (MFCA) for the circular economy: An empirical study of the triadic relationship between MFCA, environmental performance, and the economic performance of Japanese companies. *Journal of Environmental Management*, 303, 114219.

- Noll, D., Wiedenhofer, D., Miatto, A., & Singh, S. J. (2019). The expansion of the built environment, waste generation and EU recycling targets on Samothraki, Greece: An island's dilemma. *Resources, Conservation and Recycling*, 150, 104405.
- Noll, D., Lauk, C., Gaube, V., & Wiedenhofer, D. (2020). Caught in a Deadlock: Small Ruminant Farming on the Greek Island of Samothrace. The Importance of Regional Contexts for Effective EU Agricultural Policies. *Sustainability*, 12(3), 762.
- Noll, Dominik. (2021). Can a small island be sustainable? The role of material stocks and livestock in shaping the sociometabolic transition of the past, present and future on the Greek island Samothraki. Doctoral Thesis. Institute of Social Ecology, Alpen Adria University, Vienna, Austria
- Noronha. (nd). Fernando de Noronha-Portal da ATDEFN. Recuperado em 23 de março de 2023. Acesso em <http://www.noronha.pe.gov.br>
- Onishi, Y., Kokubu, K., & Nakajima, M. (2008). Implementing material flow cost accounting in a pharmaceutical company. *Environmental management accounting for cleaner production*, 395-409.
- Owens, E. L., Zhang, Q., & Mihelcic, J. R. (2011). Material flow analysis applied to household solid waste and marine litter on a small island developing state. *Journal of Environmental Engineering*, 137(10), 937-944.
- Palacios, L. D. L. T., & Rodríguez, J. A. E. (2022). Dematerialisation and material flow analysis as sustainability indicators in the extraction of mineral resources. *Resources Policy*, 79, 103131.
- Paterson, A., Jackson, W., & Haslam, J. (2021). Critical reflections of accounting and social impact (Part I). *Critical Perspectives on Accounting*, 102341.
- Pauliuk, S., & Müller, D. B. (2014). The role of in-use stocks in the social metabolism and in climate change mitigation. *Global Environmental Change*, 24, 132-142.
- Pigou, A. (1920). *The economics of welfare*. London: Macmillan & Co. Pp xxxvi + 976,8vo.
- Popescu, R., Beraud, H., & Barroca, B. (2020). The impact of Hurricane Irma on the metabolism of St. Martin's island. *Sustainability*, 12(17), 6731.
- Ratter, B. M. (2018). Island vulnerability and resilience. In *Geography of Small Islands* (pp. 173-199). Springer, Cham.
- Rhormens, M. S., Pedrini, A. D. G., & Ghilardi-Lopes, N. P. (2017). Implementation feasibility of a marine ecotourism product on the reef environments of the marine protected areas of Tinhaé and Boipeba islands (Cairu, Bahia, Brazil). *Ocean & coastal management*, 139, 1-11.
- Richardson, RJ, Peres, JA, Wanderley, JCV, Correia, LM, & Peres, MDHDM (2017). *Pesquisa social: métodos e técnicas*. 4. ed. rev. ,atual. e ampl. - São Paulo: atlas.

- Sahu, A. K., Padhy, R. K., Das, D., & Gautam, A. (2021). Improving financial and environmental performance through MFCA: A SME case study. *Journal of cleaner production*, 279, 123751.
- Schandl, H., Fischer-Kowalski, M., West, J., Giljum, S., Dittrich, M., Eisenmenger, N., ... & Fishman, T. (2018). Global material flows and resource productivity: forty years of evidence. *Journal of Industrial Ecology*, 22(4), 827-838.
- Shah, K. U., Niles, K., Ali, S. H., Surroop, D., & Jaggeshar, D. (2019). Plastics waste metabolism in a Petro-Island State: towards solving a “wicked problem” in Trinidad and Tobago. *Sustainability*, 11(23), 6580.
- Silva, I. R., do Nascimento, H. M., & Rebouças, R. C. (2009). Avaliação da sensibilidade ambiental das praias localizadas no arquipélago Tinharé/Boipeba, litoral sul do estado da Bahia. *Geosciences= Geociências*, 28(2), 193-201.
- Singh, SJ, Haberl, H., Chertow, M., Mirtl, M., & Schmid, M. (Eds.). (2012). *Pesquisa socioecológica de longo prazo: estudos nas interações sociedade-natureza em escalas espaciais e temporais*. (Vol. 2). Springer Science & Business Media.
- Singh, Simron J., Marina Fischer-Kowalski e Marian Chertow. 2020. "Introduction: The Metabolism of Islands" *Sustainability*. 12, no. 22: 9516.
- Singh, S. J., Huang, T., Nagabhatla, N., Schweizer, P. J., Eckelman, M. J., Verschuur, J., & Soman, R. (2022). Socio-metabolic risk and tipping points on islands. *Environmental Research Letters*.
- Singh, S. J., Elgie, A., Noll, D., & Eckelman, M. J. (2023). The challenge of solid waste on Small Islands: proposing a Socio-metabolic Research (SMR) framework. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 62, 101274.
- Smith, M. H. (2013). *The Natural Advantage of Nations: Business Opportunities, Innovations and Governance in the 21st Century*. Earthscan.
- Stahel, W. (2010). *The performance economy*. Springer.
- Standardization, I. (2006). Environmental management: life cycle assessment: principles and framework. *Vol. ISO, 14040*.
- Stanhill, G. (1976). An urban agro-ecosystem: the example of nineteenth-century Paris. *Agro-ecosystems*, 3, 269-284.
- Su, C. T., Schneider, F., Deshpande, P. C., Xiao, H. Y., Su, T. A., Yen, N., & Lin, H. T. (2023). Material flow analysis of commercial fishing gears in Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, 190, 114822.

- Tian, X., Gao, W., Liu, Y., & Xu, M. (2020). Secondary resource curse's formation and transmission mechanism based on environmental externality theory. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104958.
- Tyedmers, E., Malik, A., Fry, J., Geschke, A., Yousefzadeh, M., & Lenzen, M. (2020). Sustainable development opportunities in small island nations: A case study of the Cook Islands. *Journal of Cleaner Production*, 277, 123045.
- Tregidga, H., & Laine, M. (2022). On crisis and emergency: Is it time to rethink long-term environmental accounting? *Critical Perspectives on Accounting*, 82, 102311.
- Thévenin, J. M. R. (2014). A natureza nas “ondas” do turismo: Uma leitura a partir do Arquipélago de Tinharé (Bahia/Brasil). *Formação (Online)*, 1(21).
- Toniolo, S., Tosato, R. C., Gambaro, F., & Ren, J. (2020). Life cycle thinking tools: Life cycle assessment, life cycle costing and social life cycle assessment. In *Life Cycle Sustainability Assessment for Decision-Making* (pp. 39-56). Elsevier.
- Üçtuğ, F. G., Atluğkoyun, A. İ., & İnaltekin, M. (2019). Environmental life cycle assessment of yoghurt supply to consumer in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 215, 1103-1111.
- Unep (2021). The use of natural resources in the economy: A Global Manual on Economy Wide Material Flow Accounting. Nairobi, Kenya.
- UNERMAN, J., Bebbington, J., & O'dwyer, B. (2018). Corporate reporting and accounting for externalities. *Accounting and business research*, 48(5), 497-522.
- United Nation Environment Programme. (2021). *Turismo em um mundo pandêmico: combatendo a poluição por plástico*. <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/turismo-em-um-mundo-pandemico-combatendo-poluicao-por-plasticos>. (acessado em 02 de outubro de 2022).
- United Nation. (2012). *Back to Our Common Future Sustainable Development in the 21st century (SD21) project Summary for policymakers*. http://www.un.org/esa/dsd/dsd_sd21st/21_reports.shtml (acesso em 27 de março de 2022).
- Van Den Bergh, J. C. (2010). Externality or sustainability economics? *Ecological Economics*, 69(11), 2047-2052.
- Wagner, B. (2015). A report on the origins of Material Flow Cost Accounting (MFCA) research activities. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1255-1261.
- Wang, X., Ledgard, S., Luo, J., Chen, Y., Tian, Y., Wei, Z., & Ma, L. (2021). Life cycle assessment of alfalfa production and potential environmental improvement measures in Northwest China. *Journal of Cleaner Production*, 304, 127025.
- Wiedenhofer, D., Fishman, T., Lauk, C., Haas, W., & Krausmann, F. (2019). Integrating material stock dynamics into economy-wide material flow accounting: concepts, modelling, and global application for 1900–2050. *Ecological economics*, 156, 121-133.

- Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American*, 213(3), 178-193.
- Zeller, V., Towa, E., Degrez, M., & Achten, W. M. (2019). Urban waste flows and their potential for a circular economy model at city-region level. *Waste management*, 83, 83-94.
- Zerrahn, A. (2017). Wind power and externalities. *Ecological Economics*, 141, 245-260.
- Zhang, R., Li, P., Xu, L., & Zhong, S. (2023). Reconciling ecological footprint and ecosystem services in natural capital accounting: Applying a novel framework to the Silk Road Economic Belt in China. *Journal of Environmental Management*, 330, 117115.
- Zisopoulos, F. K., Noll, D., Singh, S. J., Schraven, D., de Jong, M., Fath, B. D., ... & Ulanowicz, R. E. (2023). Regenerative economics at the service of islands: Assessing the socio-economic metabolism of Samothraki in Greece. *Journal of Cleaner Production*, 137136.
- Zucchetto, J. (1975). Energy-economic theory and mathematical models for combining the systems of man and nature, case study: The urban region of Miami, Florida. *Ecological Modelling*, 1(4), 241-268.