



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

Ronaldo Rosales Mendoza

**SOLUÇÕES BASEADAS NA RESILIÊNCIA DA NATUREZA: MODELO
SUSTENTÁVEL RESILIENTE APLICADO AOS RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS**

Belém-Pará

2023

RONALDO ROSALES MENDOZA

**Soluções baseadas na resiliência da natureza: modelo sustentável resiliente aplicado aos
resíduos sólidos urbanos**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, vinculado ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi e a Embrapa Amazônia Oriental, em cumprimento às exigências de obtenção do Título de Doutor em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia.

Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Aline Maria Meiguins de Lima

Belém-Pará

2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**

Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R788s Rosales Mendoza, Ronaldo.

Soluções baseadas na resiliência da natureza: modelo sustentável
resiliente aplicado aos resíduos sólidos urbanos / Ronaldo Rosales
Mendoza. — 2023.

143 f.: il. color.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Aline Maria Meiguins de Lima
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de
Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém,
2023.

1. Aproveitamento de materiais nos resíduos. 2. Coleta seletiva. 3.
Administração e tratamento dos RSU. 4. Política. 5. Poluição do meio
ambiente. I. Título.

CDD 354

RONALDO ROSALES MENDOZA

Soluções baseadas na resiliência da natureza: modelo sustentável resiliente aplicado aos resíduos sólidos ENGEMA, urbanos

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, vinculado ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi e a Embrapa Amazônia Oriental, em cumprimento às exigências de obtenção do Título de Doutor em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia.

Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais

Belém, 10/07/2023

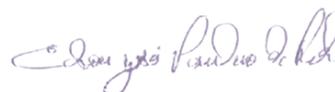
Banca Examinadora:



Prof^a. Aline Maria Meiguins de Lima -Orientadora
Doutora em Desenvolvimento Socioambiental
Universidade Federal do Pará - UFPA



Prof. Altem Nascimento Pontes - Examinador Externo
Doutor em Ciências na modalidade Física
Universidade do Estado do Pará - UEPA/PPGCA



Prof. Edson José Paulino da Rocha -Examinador Interno
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará - UFPA/PPGGRD



Prof^a. Márcia Aparecida da Silva Pimentel - Examinador Interno
Doutora em Geografia
Universidade Federal do Pará - UFPA/PPGCA



Prof^a. Karina Dias Silva - Examinador Interno
Doutora em Ciências Ambientais
Universidade Federal do Pará - UFPA/PPGCA

DEDICO

A Deus pelo presente da vida e as gerações da Terra

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Professora Aline Meiguins por suas contribuições e disposição para me aconselhar, aos professores Márcia Pimentel, Alten Nascimento, e Edson Rocha pelos aportes realizados. A CAPES pela vontade e disposição de manter o programa em conjunto com a Organização de Estados Americanos OEA de formação de pessoal de alto nível, representados pela professora Iracilda Sampaio e a Universidade Federal do Pará no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais por me formar.

Fico grato com a OEA por não exigir como requisito o domínio, neste caso do idioma português, o que forneceu a oportunidade de apreciar a importância da troca cultural e acrescentar o respeito pelos costumes, tradições e formas de expressão, enriquecendo, além da educação de qualidade ao ser humano mesmo. Tudo o anterior, impossível de acontecer sem a disposição dos professores, mesmo que sofrendo aceitaram a responsabilidade da transmissão de conhecimentos.

A grande Belém do Pará, muito obrigado por me fornecer o colo e “abrigo” onde desfrutar as maravilhas da Amazônia, escrevo de abrigo no plano do povo amoroso e bondoso, não assim que se precise de usar um “abrigo” pelo quente da cidade. Aos colegas e parceiros de experiências, alegrias, desconcertos, chuvas, calor, festas, no fim da temporalidade da vida, e mesmo assim pela experiência de viver uma pandemia mundial, onde, tive o decesso de colegas e amizades.

Procurando respostas e informações fico grato pelas opções virtuais disponíveis, o que facilitou o acesso a cursos, disciplinas, workshop, e inclusive a especializações de outras faculdades e universidades, por exemplo: a) no Brasil na Faculdade de Oceanografia da Universidade de São Paulo, Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos e Continentais da Universidade Estadual de Maringá, Pós-Graduação em Geotecnia e Meio Ambiente da Universidade Federal de São Carlos, e b) fora de Brasil: a Food and Agriculture Organization (FAO), pelo Diplomado em Economia Social de Mercado da Universidade Nacional Autônoma de Honduras em conjunto com a Fundação Konrad Adenauer, a Escola de Estatística Multivariável Aplicada da Universidade de Salamanca, a Universidade Nacional de Costa Rica, ao Sistema Nacional de Acreditação da Educação Superior (SINAES-Costa Rica), a Research Academy-ELSEVIER, Universidade Fidélitas – Costa Rica, a Sociedade Latino-americana de Ciência e Tecnologia -México, Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC-Costa Rica), AWS-INTEL e National Aeronautics and Space Administration (NASA), Professional Project Management for Results (PM4R-BID), e a UNICEF.

Conhecimento compartilhado em diferentes seminários, conferências, congressos, cursos, workshop, e até revisão de propostas de artigos científicos, por exemplo: a) Palestrante no primeiro congresso de pesquisa científica UNAH 2020; X Simpósio de Estudos em Ciências Ambientais na Amazônia; Live Solidária comunidade de gerenciamento de projetos-Pará; I Congresso Internacional de Ecologia, Sustentabilidade e Desenvolvimento; First Meeting of the Conference of the Parties of the Escazu Agreement; International Conference on Environmental Sustainability Through Waste & Recycling; Semana da Pesquisa (UFidélitas); b) cursos no Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais LEMHA/UFPA; na Red Internacional Promotores ODS; no Laboratório de História UFPA; c) Reconhecimentos como revisor no Journal of Environmental Mangement 17-2019, 2-2020; 1-2023; na revista Contabilidade Vista & Revista 1-2019, 1-2020; Asian Soil Research Journal, 1-2021; d) Promotor do acordo macro entre a Universidade Federal do Pará e a Universidad Nacional de Costa Rica; e) Tradutor da cartilhas: Mariana e a batalha contra os súpermacabros (concluída) e Mariana e a redescoberta da Baía de Guanabara (em processo), de português ao espanhol para o Ministério de Meio Ambiente pelo meio da Faculdade de Oceanografia da Universidade de São Paulo.

RESUMO

A destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é um dos grandes problemas mundiais de poluição do meio ambiente, cresce na medida em que cresce a população mundial exponencialmente relacionado com o acesso aos serviços públicos. A inspiração nasce da característica resiliente da natureza, nesse poder transformador dos materiais no estado de decomposição em novos produtos e serviços ecossistêmicos, e considerando o desenvolvimento da política, na normativa e a vontade dos atores, se propõe o modelo de Aproveitamento dos Materiais Contidos nos Resíduos Sólidos nas Cidades. A cenarização de aplicação do modelo feita na Região Metropolitana de Belém do Pará/Brasil no período 1990-2020 e projetada até 2050, aplicando a estatística multivariável aos dados e informações do IBGE e IPEA. Os resultados mostram que mais do 95% dos materiais com destino ao lixão, acabam permanecendo nas ruas, nos canais, nos rios, no mar e outros destinos ilegais, poderiam se recuperar para criar uma circularidade de uso e consumo, impactando favoravelmente a sociedade, a economia e a natureza. A abordagem é feita pelo terceiro método de pesquisa científica (abdução) usado pelo Aristóteles, Platão e Hermógenes, consiste em que o objeto estudo é submetido à análise dos dados qualitativo e quantitativo desde todas as óticas possíveis, ou pelo menos, pelas mais exequíveis das ciências positivas, duras e sociais, usando de maneira operativa resultados indutivos e dedutivos para gerar um possível bem universal que incentiva novas pesquisas e perguntas a resolver¹. Diante a premissa de que o poder aquisitivo é o principal motor de produção dos resíduos, foi testada a afirmação mediante a análise quantitativo e qualitativo, a base de dados numéricos da OECD da administração e tratamento dos resíduos ordinários no período 1960-2050 e do Banco Mundial, especificamente, da família de indicadores do Desenvolvimento Sustentável no período 1990-2020 foi processada usando o software de IBM-SPSS Statistics, no caso dos dados textuais correspondem a 2074 resumos de artigos acessos pela base de dados SCOPUS no período 1996-2020, processados pelo software IRaMuTeQ. Foi determinado o índice ajustado dos Resíduos Ordinários (RO) com o valor de 0,93 kg equivalente a metros cúbicos por pessoa por dia para a produção de lixo tratado e administrado pelos municípios, ele facilita a imediatez no cálculo para qualquer cidade, região, país e o mundo. Assim mesmo, foi identificado o acesso ao serviço de aparelho celular como o indicador numérico que pode explicar o desenvolvimento da humanidade e sua relação

¹ ROSALES MENDOZA, R.; LIMA, A. M. M. The abductive method to generate polymath knowledge in technical-scientific production. **Civil Engineering Research Journal**, v. 13, n. 3, 2022. <https://doi.org/10.19080/CERJ.2022.13.555864>.

com a produção de resíduos, concordando com o resultado da análise de textos que apresentam a tecnologia de comunicação como o fator de desenvolvimento humano e geração dos resíduos. Unindo os resultados é possível lê: o que as tecnologias de comunicação representadas pelo aparelho celular podem explicar o desenvolvimento da humanidade em consequência a geração dos resíduos e vice-versa². A correlação entre os resíduos sólidos urbanos, os catadores e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável têm um indicador comum que pode ser usado no monitoramento e seguimento das propostas, soluções e ações que acrescentam as possibilidades e oportunidades da melhoria contínua da população com alto grau de vulnerabilidade e a administração adequada dos materiais contidos nos resíduos, especialmente, os sólidos, o indicador é o emprego verde, o mesmo, facilita o controle da avaliação e valorização de toda a cadeia de valor. O modelo é construído a partir do padrão das práticas adequadas de ARSU no mundo, e a inserção dos produtos no mercado impactando assim a dinâmica social-econômica-ambiental, por enquanto, recomendasse realizar as gestões políticas, legais, e administrativas para seu financiamento e implementação para resolver assim o problema transgeracional dos resíduos na Região Metropolitana de Belém e outros municípios servindo de exemplo ao mundo.

Palavras-chave: aproveitamento de materiais nos resíduos; coleta seletiva; administração e tratamento dos RSU; gestão; meio ambiente; política; poluição do meio ambiente.

²ROSALES MENDOZA, R.; LIMA, A. M. M.; PIMENTEL, M. A. S.; PONTES, A. N.; ROCHA, E. World development and generation waste. *Environ Sci Pollut Res Int.*, v. 30, n. 6, p. 14792-14804, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23106-5>. Epub 2022 sep 26.

ABSTRACT

The final disposal of Municipal Solid Waste (MSW) is one of the world's major environmental pollution problems, growing as the world population grows exponentially related to access to public services. The inspiration is born from the resilient characteristic of nature, in this transformative power of materials in the state of decomposition into new ecosystem products and services, and considering the development of the policy, the normative and the will of the actors, the model of Use of Materials Contained in Solid Waste in Cities is proposed. The scenario of the application of the model was carried out in the Metropolitan Region of Belém do Pará/Brazil in the period 1990-2020 and projected until 2050, applying multivariate statistics to data and information from IBGE and IPEA. The results show that more than 95% of the materials destined for the dump, end up remaining on the streets, in the canals, in the rivers, in the sea and other illegal destinations, could recover to create a circularity of use and consumption, favorably impacting society, the economy and nature. The approach is made by the third method of scientific research (abductive) used by Aristotle, Plato and Hermogenes, consists in which the object of study is added to the analysis of qualitative and quantitative data from all possible perspectives, or at least, by the most feasible of the positive, hard and social sciences, using inductive and deductive results in an operative way to generate a possible universal good that encourages new research and questions to solve. Given the premise that purchasing power is the main driver of waste production, the statement was tested through quantitative and qualitative analysis, the OECD numerical database of the management and treatment of ordinary waste in the period 1960-2050 and the World Bank, specifically, of the family of indicators of Sustainable Development in the period 1990-2020 was processed using the IBM-SPSS Statistics software, in the case of textual data, they correspond to 2074 abstracts of articles accessed by the SCOPUS database in the period 1996-2020, processed by the IRaMuTeQ software. The adjusted index of Ordinary Waste (RO) was determined with the value of 0.93 kg equivalent to cubic meters per person per day to produce garbage treated and managed by municipalities, it facilitates the immediacy in the calculation for any city, region, country and the world. In addition, access to cell phone service was identified as the numerical indicator that can explain the development of humanity and its relationship with waste production, agreeing with the result of the analysis of texts that present communication technology as the factor of human development and waste generation. Putting the results together, it is possible to read: what the communication technologies represented by the cell phone can explain the development of humanity because of the generation of waste and vice

versa. The correlation between urban solid waste, waste pickers and the Sustainable Development Goals has a common indicator that can be used in the monitoring and follow-up of proposals, solutions and actions that add the possibilities and opportunities for continuous improvement of the population with a high degree of vulnerability and the proper management of the materials contained in the waste. Especially the solid ones, the indicator is green employment, the same, facilitates the control of the evaluation and valuation of the entire value chain. The model is built from the standard of adequate ARSU practices in the world, and the insertion of products in the market, thus impacting the social-economic-environmental dynamics, for the time being, recommend carrying out the political, legal, and administrative management for its financing and implementation to solve the transgenerational problem of waste in the Metropolitan Region of Belém and other municipalities serving as an example to the world.

Keywords: use of materials in waste; selective collection; administration and treatment of MSW; management; environment; politics; environmental pollution

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura do documento (Tese).....	26
Figura 2 - Processo da revisão bibliográfica.	28
Figura 3 - Estrutura SISNAMA.....	38
Figura 4 - Material e métodos.	45
Figura 5 - Municípios da Região Metropolitana de Belém - Pará.....	47
Figura 6 - Método adutivo.....	49
Figure 7 - What global indicator can explain waste generation as a consequence of human development?.....	56
Figure 8 - Wasted urban by country Tn/daily.	61
Figure 9 - The World Bank Development Indicators (WDI) / RO.....	64
Figure 10 - Characterization Hierarchical of data (CHD)/PCA position without and with RO.	68
Figure 11 - Comparative analysis (A) WDI (1990–2020) versus (B) AC SCOPUS (1996–2021).	70
Figura 12 - Histórico da evolução normativa relacionada com RSU em Brasil.....	82
Figura 13 - Produção de RSU na Região Metropolitana de Belém: (a) em percentual; (b) em unidade de kg/dia no ano 2020.....	84
Figura 14 - Acúmulo de operações SOLVI.....	85
Figura 15 - Conceitualização da rota tecnológica ou modelagem atual para a destinação de resíduos sólidos.	87
Figura 16 - Resultado da análise dos ODS no IRAMUTEQ.....	88
Figura 17 - Ranking da prioridade ODS relacionados com os resíduos urbanos.....	91
Figura 18 - Implantação da função de qualidade.....	92
Figura 19 - Rota tecnologia proposta para o modelo de aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos.	101
Figura 20 - Representação gráfica do conceito proposto.	103
Figura 21 - Métricas da população na RMB (1995-2020).....	104

Figura 22 - Cenário de gerenciamento de RSU (análise sem e com).....	105
Figura 23 - Conceitualização da rota atual para a destinação dos resíduos sólidos.	111
Figura 24 - Rota tecnologia proposta para o modelo de aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos.	112
Figura 25 - Destino dos materiais contidos nos resíduos sólidos urbanos na RMB.....	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores de gestão dos RSU.....	21
Tabela 2 - Matriz da pesquisa proposta.....	25
Tabela 3a - Resoluções do CONAMA com menção dos resíduos (1986-2012).....	39
Tabela 3b - Resoluções do CONAMA com menção dos resíduos (1986-2012).....	40
Tabela 4 - Municípios da Região Metropolitana de Belém - Pará: características socioeconômicas.....	47
Tabela 6 - Parâmetros de avaliação.....	52
Table 7 - Qualitative parameters of KMO.....	59
Table 8 - Analysis with and without the RO variable.....	62
Table 9 - Indicators.....	66
Tabela 10 - Parâmetros de avaliação.....	81
Tabela 11 - Dado históricos e crescimento decanal da RMB.....	106
Tabela 12 - Dado históricos e taxa de crescimento decanal da RMB.....	107

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza
ACT	Acordo
ARSU	Aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DIME	Diretoria de Planejamento Metropolitano e Gestão Territorial
DRSU	Destinação final dos resíduos sólidos urbanos
IBGE	Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
OECD	Organização para a cooperação e desenvolvimento econômico
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PARSU	Parque de Aproveitamento dos Resíduos Sólidos
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PMGIRSU	Plano municipal de gestão integral de resíduos sólidos urbanos
RMB	Região Metropolitana de Belém
RSU	Resíduos sólidos urbanos
RO	Índice ajustado de geração de resíduos ordinários
SEDOP	Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SOLVI	Soluções para a vida (Grupo de empresas)

SUMÁRIO

CAPÍTULO I CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.1 Introdução	17
1.1.1 Abordagem resiliente baseado nas soluções da natureza	18
1.1.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos	19
1.1.3 A gestão dos resíduos sólidos urbanos e indicadores de sustentabilidade	20
1.1.4 A gestão dos resíduos sólidos inserida nas práticas de economia social solidária, economia circular, a economia ambiental e responsabilidade social	21
1.1.5 A Região Metropolitana do Belém -Pará	23
1.2 Problema central da pesquisa	24
1.3 Hipótese	24
1.4 Objetivos	24
1.4.1 Geral	24
1.4.2 Objetivos Específicos	24
1.5 Estrutura da Tese	25
1.6 Revisão Bibliográfica	27
1.6.1 Soluções baseadas na resiliência da natureza	29
1.6.2 Desenvolvimento socioeconômico e a geração de resíduos sólidos.....	31
1.6.3 Práticas transgeracionais no gerenciamento dos resíduos	32
1.6.4 Melhores práticas de aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos sólidos .	34
1.6.5 Evolução da normativa relacionada com resíduos sólidos	36
1.6.6 Panorama de interação entre os usuários.....	43
1.7 Estrutura e metodologia integrada	44
1.7.1 Base de dados	45
1.7.2 Área de Análise e aplicação	46
1.7.3 Método.....	48
1.7.4 Estatística multivariável aplicada	49

1.7.5	Tratamento de dados quantitativos	50
1.7.6	Tratamento de dados qualitativos	51
1.7.7	Tratamento de dados mistos	51
CAPÍTULO II WORLD DEVELOPMENT AND GENERATION OF WASTE		53
CAPÍTULO III RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM (RMB-PA), CATADORES E OS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL		77
CAPÍTULO IV MODELO DA ROTA TECNOLÓGICA DOS MATERIAIS NÃO VALORIZADOS CONTIDOS NOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS		99
CAPÍTULO V CONCLUSÕES.....		120
REFERÊNCIAS		122
APÊNDICE A		140

CAPÍTULO I CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1 Introdução

A situação do gerenciamento dos Resíduos Sólidos (RS) é um tema abrangente de ideias, projetos, emoções, conflitos dos diferentes atores, onde, uns cobram aos outros o tratamento responsável, sustentável e resiliente, ou seja, cobram-se uma solução equitativa das condições sociais, econômicas e ambientais que reúna a abordagem interdisciplinar aos problemas transgeracionais herdados e por herdar.

O acúmulo de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) torna-se um dos grandes problemas de poluição do meio ambiente. A crescente urbanização e a industrialização das sociedades têm gerado a produção de RSU em grande escala, constituindo a proliferação destes, um problema a nível mundial (Costa *et al.*, 2020; Dunel; Barbosa, 2020).

O problema aumenta conforme o crescimento exponencial da população no mundo. O panorama histórico da gestão dos RSU revela a influência da desigualdade social na qualidade ambiental urbana, gerando a movimentação e participação cidadã para exigir soluções aos governos, assim, cresce a preocupação por encontrar soluções para sua administração e tratamento (Conceição *et al.*, 2020; García; Portugal, 2020).

As implicações no meio ambiente são consideráveis, o impacto atinge as condições sociais, econômicas e naturais. A administração dos resíduos vem sendo debatida nas conferências internacionais, formando parte da abordagem da redução dos Gases Efeito Estufa (GEE), de gerenciamento dos Mecanismos de Desenvolvimento Sustentável (MDL), e inclusive como parte do mercado de carbono, além disso, a abordagem está em conformidade com os Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM), enquanto, atinge a redução da pobreza, a saúde e a inclusão social (Gouveia, 2012; Anjos; Souza, 2020; León *et al.*, 2020).

A abordagem dos RSU se contextualiza nos desafios antropogênicos, desde a classificação, o tratamento em lixões (vazadouros a céu aberto), aterros sanitários, incineração, compostagem, biogasificação e reciclagem (Almeida *et al.*, 2013; Franqueto; Delponte; Franqueto, 2019). Ademais, dos impactos ambientais provocados pelo descarte e lançamento de resíduos sólidos e líquidos em córregos, vias públicas, terrenos baldios, cantos de ruas e beira de canais (Pereira *et al.*, 2020; Pestana; Pinto *et al.*, 2020).

A percepção das implicações e os impactos indica que estes atingem as cidades independentemente do tamanho, e com certeza com maior intensidade as ocupações desordenadas, e inclusive, as populações indígenas que já apresentam dificuldades pela mesma

situação associada ao descarte de resíduos sólidos, afetando a saúde ambiental (Silva; Mello, 2020; Takenaka, 2020).

Nas grandes cidades os especialistas concordam que o manejo dos resíduos sólidos de serviço em saúde (hospitalares) precisa de um tratamento diferenciado, e não devem ser parte da coleta nem da destinação final dos RSU (Gomes; Silva, 2020; Menezes; Situba, 2020). O mesmo, se aplica aos provenientes de construção e demolição, razão pela qual o descarte desta forma é irregular (Mendes *et al.*, 2020; Tavares *et al.*, 2020).

Diante as situações expostas, os governos têm assinado acordos na procura do desenvolvimento sustentável. Desde 1996 o Programa Meio ambiental das Nações Unidas define a gestão dos resíduos sólidos como uma estrutura de referência para arquitetar novas propostas dos sistemas, dentro da ótica dos processos de melhoria contínua e desenvolvimento sustentável auxiliando a problemática urbana (Bustos, 2009; Aguiar *et al.*, 2021).

1.1.1 Abordagem resiliente baseado nas soluções da natureza

Os danos causados pela rápida expansão urbana, em muitos casos impactam desfavoravelmente a qualidade de vida da população e do meio ambiente, com reflexos diretos no meio atmosférico, seu estudo dentro da ótica da resiliência das cidades é produto da conscientização ambiental, estabelecida na importância da educação ambiental ao incentivar mudanças no comportamento criando ambientes sustentáveis, com a capacidade resiliente de adaptação às circunstâncias com o compromisso de gerenciar serviços ecossistêmicos fornecendo um potencial de oportunidades, experiências e aprendizagens práticas na gestão dos recursos (Cabanhe; Freitas, 2022; Pereira, 2022).

O conceito de resiliência é definido como a capacidade de recuperação de uma entidade depois de submetido às adversidades, violências e catástrofes, exigindo constantes esforços de adaptação (Pinheiro, 2004; Flores, 2022). Nesse sentido, enquanto aos centros urbanos, a atenção ao aumento do número de eventos catastróficos leva aos gestores públicos a buscar medidas preventivas para lidar pontualmente com as diferentes situações, assim se apresentam guias para a construção de cidades resilientes que incluem o saneamento e tratamento dos resíduos dentro de seus orçamentos para a melhoria da infraestrutura urbana e rural (Alves *et al.*, 2022; Santos *et al.*, 2022).

Elucidar sobre a resiliência urbana dentro do marco das discussões sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, podem contribuir favoravelmente para futuras ações e proposições de políticas públicas, especialmente, a adoção de tecnologias nas propostas

integrais de soluções cíclicas baseadas na natureza incluem iniciativas relacionadas a projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo privilegiando aqueles relacionados a captação de gases efeito estufa (Silva *et al.*, 2021; Ridelensky; Santos, 2022).

Os locais onde as pessoas trabalham, vivem, consomem e desperdiçam, tem um papel fundamental na transição para a economia circular, nesses locais é possível a implementação de tecnologias limpas aumentando a resiliência urbana otimizando produtos e serviços ecossistêmicos comercializáveis nos mercados financeiros internacionais (Borrego, 2022; Vargas; Delazeri; Ferreira, 2022).

Os desafios abrangem os processos de tratamento de águas, efluentes, resíduos sólidos devido à sua complexidade de remoção e potencial de contaminação, assim também, na gestão da produção dos bens e serviços no uso de mecanismos de apropriação em projetos de inovação colaborativos que incluam a participação cidadã (Almeida; Barros, 2022; Graça *et al.*, 2022; IPEA, 2022).

A necessidade de estabelecer olhares alternativos como à desconexão com a natureza versus soluções baseadas na natureza poderiam fornecer formas contemporâneas de relacionamento entre ciência, política e natureza gerando suportes técnico-científicos de pensamentos emergentes da modernidade (Amaral; Barboza-Arias, 2020).

Um desses olhares é das cidades sustentáveis, segundo o SEBRAE (2019) pretendesse minimizar os desastres seguindo padrões de segurança na resiliência às mudanças climáticas, na redução de gases efeito estufa, em tanto, buscam o desenvolvimento sustentável como estratégia para o seu crescimento e desenvolvimento econômico através do apoio de políticas públicas e práticas eficientes voltadas para a gestão de resíduos, mobilidade, prevenção de desastres, construções sustentáveis, aproveitamento e otimização de recursos em estruturas já existentes, e inclusão com ênfase na melhoria da qualidade de vida da sua população.

A contribuição social busca convergir os esforços do governo e da sociedade civil para garantir os direitos humanos, eliminar a pobreza, preservar o meio ambiente e estimular o desenvolvimento de uma sociedade mais equânime (Trigo *et al.*, 2023)

1.1.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos

Uma das leis mais antigas implementada sobre os resíduos sólidos e a Lei de Conservação e Recuperação dos Recursos (1976 - EUA), com 34 anos de diferença da legislação no Brasil, Lei 12.305 (2010/BR), ou seja, os desafios presentes no Brasil foram os desafios para os EUA, porém, com evolução diferenciada (Costa Filho; Sousa; Carvalho Junior, 2020).

A Lei 12.305 (2010/BR) responde aos direcionamentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a sua implementação apresenta dificuldades, relacionadas com planos de gestão sem ou com pouca abordagem técnico-científica de ordem multidisciplinar na administração e tratamento final dos RSU e carentes de logística reversa no aproveitamento dos resíduos recicláveis (Baldim; Guedes; Camarini, 2020; García *et al.*, 2019).

A PNRS representa a base legal e conceitual para destinação e disposição adequadas de resíduos sólidos, e tem como suporte de gestão a Secretária de Meio Ambiente, o Conselho Nacional de Justiça, os Tribunais de Justiça e o Conselho Nacional do Meio Ambiente. A PNRS é parte do sistema de controle e regulação das atividades poluidoras, como abordado na Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), implementada pela Lei 6.938 (1981/BR), fortalecida pela Política Estadual de Meio Ambiente (PEMA) no Estado do Pará, baseado na Lei 5.887 (1995/BR).

1.1.3 A gestão dos resíduos sólidos urbanos e indicadores de sustentabilidade

A gestão de resíduos sólidos urbanos (GRSU) nos municípios inicia com a educação voltada para conscientização sobre a importância da separação e uso dos recursos de forma mais sustentável, desde sua produção na fonte, coleta, transporte, até a destinação final (Bet *et al.*, 2020; Cabrera, 2020).

Alguns problemas permanecem e acrescentam-se na disposição final dos RSU, seja a céu aberto ou em aterros sanitários, alguns destes sem o manejo adequado, como a impermeabilização do solo, favorecendo o risco de contaminação dos corpos de água (subterrânea ou superficial); geração de gás metano pela degradação da matéria orgânica, queima proposital de resíduos ocasionando poluição do ar; somados a proliferação de vetores de doenças (Corrêa; Corrêa; Palhares, 2020; Gonçalves *et al.*, 2020a).

O gerenciamento inclui o controle da coleta usando, seleção de terrenos para a instalação de centros de triagem, sistema de operação, administração, processos de tratamento até a disposição final dos resíduos da construção e demolição (Gonçalves *et al.*, 2020b; Gonzáles-Lozano, 2020).

A qualidade da gestão dos RSU é um fator fundamental para o saneamento básico da população e da qualidade de vida, visando cidades mais limpas e otimizando o uso dos recursos com a reciclagem, como é contemplado na proposta do Plano Municipal de Gestão Integral dos Resíduos Sólidos (Chaves; Siman; Sena, 2020; Texeira; Duarte, 2020).

Para manter o controle é usada a análise estatística por meio de indicadores de gestão, operação, ambientais, financeiros, eficiência, eficácia e economia, alguns deles de grande importância no monitoramento de licitações públicas e aplicação dos fundos públicos (Gaspar *et al.*, 2020; Moura; Oliveira, 2020). Na Tabela 1 se mencionam alguns dos indicadores utilizados, seu uso e a fonte.

Tabela 1 - Indicadores de gestão dos RSU.

Siglas	Indicador	Proposto	Citado
CO ₂ CH ₄	Dióxido de carbono Metano	IPCC	Mourato Lima e Pinto Junior (2020)
ISA	Índice de salubridade ambiental	Conselho Estadual de Saneamento (CONESAN)	Brustin <i>et al.</i> (2020)
IDS	Índice de desenvolvimento sustentável	IBGE	IBGE (2021)
IDH	Índice de desenvolvimento humano		
IQR	Índice de qualidade de resíduos	Barros, Dourado e Bárbara (2020)	Barros, Dourado e Bárbara (2020)
IAP	Índice de atendimento do PMGIRS	PMGIRS (2016)	Chaves, Siman e Sena (2020); Pequeno <i>et al.</i> , (2020)
IQP	Índice de qualidade do PMGIRS		
ICP	Índice de complexidade do PMGIRS		
IPP	Índice de potencial do PMGIRS		
SSI	Índice da Sociedade Sustentável		Costa <i>et al.</i> (2020a)
PE	Pegada ecológica dos RSU	Costa <i>et al.</i> (2020) Santos <i>et al.</i> (2020)	Costa <i>et al.</i> (2020) Santos <i>et al.</i> (2020)
IA	Inversão ambiental remanente	Salazar-Acuña (2020)	

Fonte: Elaborada pelo autor.

No caso dos indicadores de gases efeito estufa (CO₂ e CH₄) é utilizado um termômetro digital no modelo de câmeras estáticas (Mourato Lima; Pinto Junior, 2020), em tanto, os outros são produto do tratamento das informações contidas nos relatórios dos municípios.

1.1.4 A gestão dos resíduos sólidos inserida nas práticas de economia social solidária, economia circular, a economia ambiental e responsabilidade social

A coleta seletiva inicia com o modelo de caracterização, o que facilita sua seleção, quantificação, avaliação e possíveis tratamentos, sejam orgânicos, papéis, elétricos, borracha, metais, alumínio, plásticos (Carvalho; Gomes; Maciel, 2020; Cruz-Salas *et al.*, 2020; Melero *et al.*, 2020).

Os diagnósticos das práticas relacionadas com a situação dos programas de coleta seletiva revelam a necessidade de um trabalho de logística que inclui uma reorganização estratégica dos pontos de venda como supermercados, mas, também revelam a inexistência de

um plano padronizado, sendo que cada experiência é diferente, tanto, para as empresas, Prefeituras Municipais e catadores, estes últimos preocupados principalmente pelo que pode ser reaproveitado ou com valor no mercado (Camuci; Gonçalves, 2020; Chagas *et al.*, 2020; Sousa *et al.*, 2020).

Os participantes da coleta seletiva sofrem com a subsistência, uma grande porcentagem em vulnerabilidade social extrema, expostos a doenças e a estigmas sociais, ademais, os centros de trabalho e de operação ficam em condições deploráveis com grande necessidade de melhorias na estrutura física para o armazenamento e tratamento dos resíduos recicláveis (Aguiar *et al.*, 2020; Carmadelo; Ferri, 2020; Shinohara *et al.*, 2020).

A proposta de inclusão social dos recuperadores (catadores), inclui considerações sobre a subsistência digna, pagamento por serviços ambientais, manifesto assim pelos mesmos nos diferentes fóruns e entrevistas, pelo meio de seus representantes (Castro; Coimbra; Jacovine, 2020; Constantino, 2019).

A organização dos coletores inicia na criação de associações, cooperativas de recicladores, estruturas que acrescentam seu valor dentro dos conceitos da economia social solidária, a economia circular, a economia ambiental, responsabilidade social, manejo dos descartáveis, a sustentabilidade econômico-financeira e, claro, a PNRS (Adriato; Castelo, 2020; Jiménez *et al.*, 2020; Domingues, 2020).

Os municípios encontram uma oportunidade nas alianças estratégicas através da implantação de consórcios públicos intermunicipais de RSU, atendendo assim as exigências de produção mais limpa, logística reversa e reciclagem; e que podem ser avaliados na aplicação de ferramentas de gestão da qualidade, como a matriz de Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças (SWOT: *Strengths, Weaknesses, Oportunnities, Threats*) e 5W2H, que define um plano de ação para as atividades (prazos, responsabilidades, recursos humanos, infraestrutura, recursos financeiros e técnicos) por meio da resposta a 5 perguntas (siglas no inglês - o que, porque, onde, quando e por quem, como e quando) (Nascimento; Senhoras, 2019; Alves; Ribeiro, 2020; Ventura; Suquisaqui, 2020).

A economia circular (EC) refere-se a práticas diversificadas que advém do desejo de ruptura do esquema exploratório dos recursos focado na reinserção dos RSU no ciclo produtivo evitando a extração de matéria prima da natureza e abordando o problema da disposição final, a EC mistura-se quase imperceptivelmente com os conceitos da economia ambiental tendo por objetivo a preservação do planeta como resposta de responsabilidade social-empresarial e o compromisso com as gerações futuras (Oliveira; Silva; Moreira, 2019; Carrière; Diniz; Mora, 2020).

1.1.5 A Região Metropolitana do Belém -Pará

Dos 144 municípios do Estado do Pará, 139 têm uma concentração de população menor que duzentos mil pessoas, 03 municípios têm uma população entre duzentos um e quinhentos mil pessoas, o município com maior quantidade de pessoas estimada ao ano 2020 é o município de Belém (1.499.641), que é a Capital do Estado do Pará (IBGE, 2021).

Contrastando com a quantidade de população o município com maior extensão territorial é Altamira com 159.533,328 km², o município de Belém tem uma extensão de 1.059,466 Km², ou seja, com uma densidade de população de 1.415,46 habitantes/Km², já Altamira tem uma densidade de 0,72 km² por pessoa, porém, o município com maior densidade de população por km² é Ananindeua de 2.810,07 Hab./km² (IBGE, 2021).

As informações publicadas pelo IBGE (2021) revelam que os municípios de Belém, Soure, Capanema e Ananindeua detêm o percentual mais alto de Esgotamento Sanitário Adequado (ESA), 68%, 65%, 64% e 55% respectivamente, além disso, 110 municípios tem uma porcentagem menor a 21% e 31%, deles se encontram no parâmetro entre 22% e 60%. Para a ARSU não é possível fazer a comparação por falta de indicadores, o IBGE só informa dentro dos índices de desenvolvimento sustentável a quantidade de municípios com serviço de coleta e coleta seletiva, no caso do Pará ao ano 2008, 143 municípios dos 144 tinham o serviço operando.

A Região Metropolitana de Belém (RMB) está composta pelos municípios de Ananindeua, Belém, Benevides, Castanhal, Marituba, Santa Bárbara e Santa Izabel do Pará, os sete municípios juntos tenham uma população de 2.275.032 habitantes ao ano 2010, e uma projeção de 2.529.178 pessoas a 2020, com uma extensão territorial de 3.566.203 km² (IBGE, 2021; IPEA, 2021). Baseado nas informações de Bastos (2009) e estimando uma média diária de produção de lixo *per capita* de 1,08 quilos, a região metropolitana de Belém do Pará produz 2.731 toneladas diárias de lixo.

A percepção da população é que as cidades têm uma grande necessidade de um plano de GRSU, que dentro de seu conteúdo incorpore ações de controle e saneamento de ruas, canais, depósitos ilegais, e por enquanto, assume o direcionamento claro e específico, além disso, não se visualiza uma solução a destinação final dos RSU, apesar dos esforços na separação de materiais recicláveis e na coleta seletiva os RSU, ação enfraquecida pela falta de mercado e comercialização sempre precisam da destinação final, atingindo a economia, a sociedade e o meio ambiente.

1.2 Problema central da pesquisa

As dificuldades existentes no sistema tradicional de disposição final em depósitos autorizados e ilegais correspondem a práticas que vêm sendo questionadas pela contaminação e poluição, atingindo a sociedade, a economia e ao ambiente. Tal situação gera uma instabilidade de governança local, regional e internacional, pelo qual é necessária uma solução com abordagem interdisciplinar que atenda aos requisitos dos usuários (política, leis, gestores, administrados). A pergunta de pesquisa foi: *É possível aplicar um modelo de Aproveitamento dos RSU (ARSU), a partir de um padrão de práticas adequadas que impacte favoravelmente a dinâmica sustentável?*

1.3 Hipótese

Existem no mundo práticas que são consideradas adequadas no ARSU que podem se resumir num padrão que sirva para criar o modelo sustentável compatível com o princípio da sustentabilidade e que vise a redução do impacto social-econômico-ambiental.

1.4 Objetivos

1.4.1 Geral

Propor um modelo sustentável de aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos focado na construção de soluções baseadas na natureza, tendo como referência a base de informações de período 1991-2020 e a cenarização até 2050, aplicado a Região Metropolitana de Belém/Pará, Brasil.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar a relação entre o consumo de produtos e a geração de resíduos, com base no BIG DATA do Banco Mundial nas décadas de 1990-2020, utilizando estatística multivariada aplicada.
- b) Elaborar um modelo sustentável de Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (ARSU), que atenda aos requerimentos técnico-legais.
- c) Avaliar o impacto sustentável da aplicação do modelo de ARSU na Região Metropolitana de Belém (PA), Brasil no período 1991 a 2050, considerando as soluções baseadas na natureza.

1.5 Estrutura da Tese

A ordem das para o desenvolvimento da pesquisa proposta, é exposta na Tabela 2. Podem-se identificar de maneira geral e específica os problemas, hipóteses, objetivos, variáveis e produtos esperados.

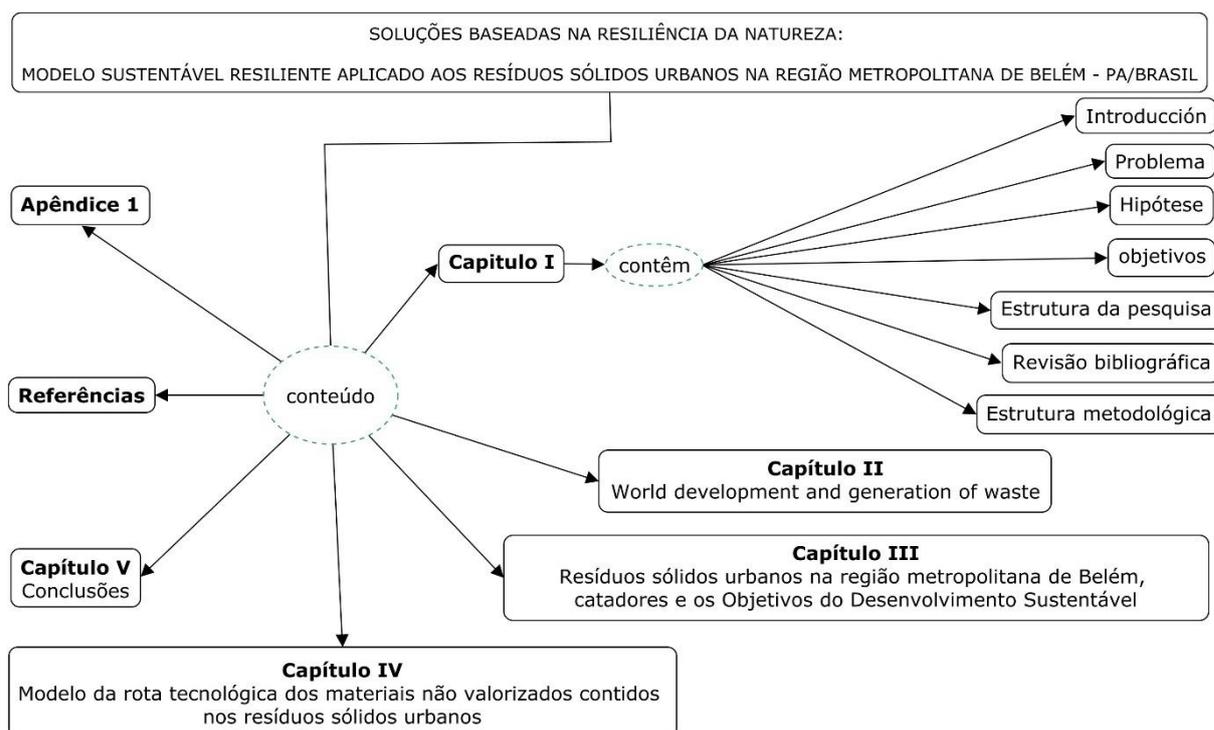
Tabela 2 - Matriz da pesquisa proposta.

	Problema	Hipótese	Objetivo	Variáveis	Produto	
Específico	(a)	Como estão distribuídas as boas práticas de GRSU e quais são seus principais resultados?	É possível identificar nos países os melhores indicadores de GRSU e extrair as práticas adequadas ARSU para criar um padrão.	Realizar a análise da relação entre o consumo de produtos e a geração de resíduos, com base no BIG DATA do Banco Mundial nas décadas de 1990-2020, utilizando estatística multivariada aplicada.	<i>Independente:</i> os países com melhores práticas na ARSU. <i>Dependente:</i> as melhores práticas de ARSU.	Identificação do padrão social-econômico-ambiental das práticas adequadas de ARSU.
	(b)	É possível adequar um modelo sócio-econômico-ambiental de ARSU compatível com a realidade brasileira?	Baseado no padrão das práticas adequadas de ARSU no mundo, pode se construir o modelo sócio-econômico-ambiental de ARSU aplicado.	Elaborar um modelo sustentável de Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (ARSU), que atenda aos requerimentos técnico-legais.	<i>Independente:</i> Práticas adequadas de ARSU. <i>Dependente:</i> requerimentos técnicos, legais, e indicadores de monitoramento.	Modelo sócio-econômico-ambiental de ARSU.
	(c)	Quais as melhorias que um modelo de ARSU traria para Região Metropolitana de Belém - Pará?	O modelo impacta favoravelmente as condições sociais, econômicas e ambientais.	Avaliar o impacto sustentável da aplicação do modelo de ARSU na Região Metropolitana de Belém (PA), Brasil no período 1991 a 2050, considerando as soluções baseadas na natureza	<i>Independente:</i> o modelo sócio-econômico-ambiental de ARSU. <i>Dependente:</i> os municípios da região metropolitana de Belém do Pará, Brasil.	Aplicação do modelo social-econômico-ambiental na Região Metropolitana de Belém, identificando seus resultados.
Geral	É possível aplicar um modelo de Aproveitamento dos RSU (ARSU), a partir de um padrão de práticas adequadas que impacte favoravelmente a dinâmica sócio-econômica-ambiental?	Existem no mundo práticas que são consideradas adequadas no ARSU, que podem se resumir num padrão que sirva para criar o modelo sócio-econômico-ambiental de ARSU, compatível com o princípio da sustentabilidade e que vise a redução do impacto social-econômico-ambiental.	Propor um modelo sustentável de aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos, com soluções baseadas na natureza, tendo como referência a base de informações de período 1991-2020 e a cenarização até 2050, aplicado a Região Metropolitana de Belém/Pará, Brasil.	<i>Independente:</i> Modelo de ARSU. <i>Dependente:</i> a Região Metropolitana de Belém do Pará, Brasil.	Avaliação da aplicação do modelo social-econômico-ambiental de ARSU na Região Metropolitana de Belém, no período de 1991 a 2050.	

Fonte: Elaborada pelo autor.

A Tese foi desenvolvida segundo o esquema apresentado na Figura 1, no capítulo I foram desenvolvidas a introdução, o problema, a hipótese, os objetivos, a estrutura da pesquisa, a revisão bibliográfica e a estrutura metodológica, seguido se apresentam em capítulos os produtos (artigos publicados e submetidos), finalizando com as conclusões, as referências e a apêndice.

Figura 1 - Estrutura do documento (Tese).



Fonte: Elaborado pelo autor usando CMAPS.

A estrutura em formato é apresentada pela Introdução, seguida do problema identificado, hipótese e objetivos, geral e específicos. Baseada na revisão bibliográfica se construiu o marco teórico gerado metodologicamente por meio de diferentes ferramentas técnico-científicas. Os resultados e discussões destacam: o desenvolvimento mundial versus a geração de resíduos em uma abordagem de revisão da literatura; os resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Belém (RMB-PA), catadores e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável; e a proposição de um modelo da rota tecnológica dos materiais não valorizados contidos nos resíduos sólidos urbanos.

Esta tese atende o princípio da interdisciplinaridade nas ciências ambientais principalmente pela discussão das questões sociais e econômicas vinculadas a geração de resíduos, mas também permite ampliar sua relevância para o controle das questões climáticas,

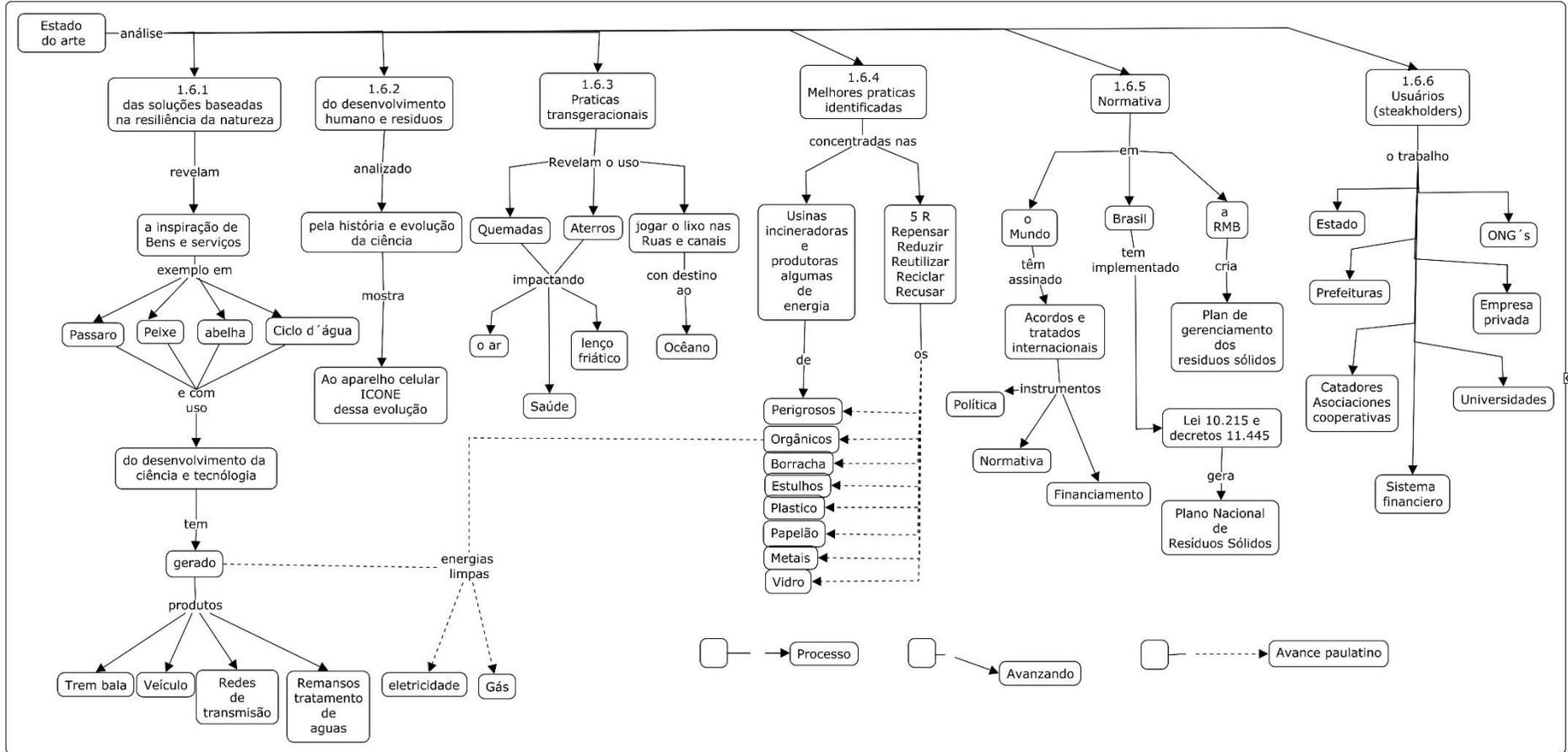
no referente aos aspectos de poluição no ambiente, neste caso no contexto da Região Metropolitana de Belém, incluindo a atmosférica e a hídrica.

1.6 Revisão Bibliográfica

A contextualização do aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos sólidos é abordada, assim como o estudo das soluções baseadas na resiliência da natureza, o desenvolvimento da humanidade e geração dos resíduos sólidos, as práticas transgeracionais no gerenciamento dos resíduos sólidos, as melhores práticas de aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos sólidos, a evolução da normativa no Brasil, a aplicação da normativo país na Região Metropolitana de Belém do Pará, e o panorama da interação entre os usuários (Figura 2).

A linha contínua representa o avanço sem interrupções, a linha inclinada no estado de crescimento ou evolução, e a linha intermitente o avanço das ações de maneira gradual, com uma evolução que apresenta grandes oportunidades, mas requer maior vontade política e investimento financeiro para afirmar suas propostas.

Figura 2 - Processo da revisão bibliográfica.



Fonte: Elaborada pelo autor.

1.6.1 Soluções baseadas na resiliência da natureza

Observar a natureza tem gerado a humanidade uma série de benefícios, desde ferramentas para a caça e defesa na época pré-histórica, até condições de conforto na atualidade.

Alguns exemplos:

- a) A anatomia do bico do pássaro Martín pescador inspirou a Eiji Nakatsu *apud* Vedoya (2018) a modelar a trompa do trem bala no Japão solucionando assim as dificuldades apresentadas pelas turbulências.
- b) O olho de peixe, o que inspira aos engenheiros para o uso da máscara de visibilidade instalada no teto do trem como sistema de localização e de segurança na evolução da tecnologia satélite ou peixe cofre que serve de inspiração a Mercedes-Benz para a construção da carroceria do veículo para a linha tropical (Deva, 2014; Porteros, 2022).
- c) O designe da colmeia da abelha serve de inspiração as grandes redes de transmissão de energia e comunicação (Deva, 2014)
- d) A gestão hídrica baseada no ciclo da água se concebe na reutilização das águas servidas e pluvial pelo meio de remansos, depois de tratada distribuída nas áreas verdes urbanas (Almodóvar; Cantos; Talavera, 2022; Kometter, 2022)

A evolução e desenvolvimento da sociedade gera uma série de oportunidades aos problemas de escassez dos recursos, aos impactos da mudança climática e na saúde. Tanto, para enfrentar as condições atuais como riscos futuros é necessário a implementação de uma abordagem planetária resiliente, isto é, a procura de solução baseada na natureza observando as fortes interconexões entre o risco de mudanças climáticas, a perda de biodiversidade, a crise de saúde interplanetária e a construção de propostas multidisciplinares (Destoumieux-Garzón *et al.*, 2022; Mansur *et al.*, 2022).

Neste sentido é importante reconhecer que a política pública climática urbana é influenciada parcialmente por estudos da opinião pública, carecendo de engajamento do comportamento da natureza, falta de participação e reconhecimento das comunidades vulneráveis nos processos de tomada de decisões de adaptação local, no entanto, estudos focados em soluções baseadas na natureza fornecem ferramentas integradoras para uma sociedade resiliente (Senkl; Cooper, 2022; Tian *et al.*, 2022; Yazar; York, 2022).

O planejamento urbano-rural adotando esses estudos, reflete e produz o conceito das cidades sustentáveis. O objetivo é melhorar o desempenho a partir da visão dos sistemas de os seres vivos integrando informações ecológicas “da natureza” e capacidade da regeneração na

adaptação às mudanças “resiliência”, operacionalizando e assegurando a permanência no meio (Blanco *et al.*, 2022; Stroud *et al.*, 2022).

Porém, a análise de BIG DATA é desafiadora requer de estruturas pluralistas para examinar e extrair de forma abrangente as diversas informações econômicas, sociais e da natureza, além de a necessidade do consenso emergente diante a interdependência entre as cidades em rápido crescimento e as demonstrações dos resultados assistido com a tecnologia (Ghermandi *et al.*, 2022; Jaung; Carrazco, 2022; Mansur *et al.*, 2022).

Na busca pelo engajamento da sociedade nas políticas de conservação da natureza, os discursos políticos nos países visam ao reconhecimento do valor intrínseco da natureza no conceito de capital natural, estimulando assim, o engajamento social desde a localidade até impactar no mundo com os discursos da economia verde, ou seja, capitalizando os serviços ecossistêmicos, o discurso da natureza relacional (conexões entre as pessoas e a natureza) e o discurso de natureza democrática, o que é, a abordagem de governança do mosaico, enquanto a estratégia é focada no capital natural (Buijs *et al.*, 2022; Mattana *et al.*, 2022; Ziegler *et al.*, 2022).

Dentre os temas abordados nos discursos inclui-se a insustentabilidade pela perda da biodiversidade e a poluição antropogênica, motivando a inovações nas políticas orientadas, tanto a produtores como aos consumidores no conceito da economia ecológica, com participação na transformação de inovação social como resposta emergente, na tentativa de fazer as pazes com a natureza após a conferência da mudança ambiental global e o reconhecimento da insustentabilidade do desenvolvimento baseado na exploração intensiva dos recursos naturais (Vyas *et al.*, 2021; Ziegler *et al.*, 2022).

A discussão cresce quando se incluem outros aspectos, como por exemplo a barreira ao acesso à saúde para residentes rurais, particularmente, os idosos o que raramente levam em consideração a complexidade do transporte; ou de afetação a indústria do plástico minada pela produção técnico-científica como foi antigamente com outras indústrias como o vidro, impactando, tanto, econômica como socialmente (Mirza; Hulco, 2022; Born; Brüll 2022).

Promover a conservação da natureza e as funções dos ecossistemas no planejamento de infraestrutura baseado na mesma natureza, produz a eficiência regional com base na conectividade dos processos ecológicos e na integridade da sobreposição espacial e sinergia funcional incluso com interação humana, além de aportar soluções de engenharia ecológica diante os riscos naturais gravitacionais para áreas residenciais e infraestruturas, chamadas de redução de risco de desastres (Dorren; Moos, 2022; Jaung; Carrazco, 2022; Jódar *et al.*, 2022)

A comunidade científica tem concentrado esforços no estudo de soluções baseadas na natureza relacionadas com os resíduos sólidos, especialmente, os gerados nas cidades. Se estuda o efeito da concentração de grandes massas de materiais na superfície e os impactos percebidos pela sociedade, tais como, os efeitos sobre a temperatura, a corrosão de materiais, a geração de efluentes e gases (Artemov *et al.*, 2021; Brüll, 2022; Born; Laniesse *et al.*, 2021; Qiu *et al.*, 2021; Tiwari; Saha, 2021; Slobodyuk *et al.*, 2021; Xu *et al.*, 2022).

Em resumo, os ecossistemas tornam-se vulneráveis às transformações substanciais nas áreas urbanas, porém, a natureza com sua propriedade resiliente pode com isso más a humanidade vai receber o prejuízo, o que faz que o gerenciamento dos impactos no meio-ambiente (entorno) mereça atenção imediata, incluindo os usuários na criação de um modelo sustentável, com vista no benefício da conservação e interesse social. Logo, tal entendimento pode fornecer sinais que facilitem a construção de soluções em conjunto com a inspiração baseada na natureza.

1.6.2 Desenvolvimento socioeconômico e a geração de resíduos sólidos

A interação entre desenvolvimento socioeconômico e ambiental tem gerado uma consciência global chamada antropoceno. O conceito identifica a humanidade como a principal responsável pelas mudanças climáticas transgeracionais, aquecidas pelo desenvolvimento desde a era industrial e fortalecida pelo uso da tecnologia (Carvalho *et al.*, 2021; Costa, 2021).

O preço do desenvolvimento é a exploração desmedida da natureza, priorizando os interesses de uns poucos representantes do gênero humano, sem consciência dos impactos a futuro, até que se formalizam as discussões da sustentabilidade na primeira conferência internacional sobre o uso sustentável dos recursos em Brundtland 1987 (Mura; Reyes, 2015; Keong, 2021). A posição leva a insurgência dos direitos humanos e da natureza para manter o equilíbrio do ecossistema (Serrano, 2020; Mayorga, *et al.*, 2021).

A exploração da natureza não pôde ser relacionada unicamente com o enriquecimento de uns poucos. O desenvolvimento da humanidade segregado nos países é definido como um processo em que cada país aumenta e acrescenta a acumulação de riqueza, em função de novos produtos e serviços, a otimização da produção, a criação de mercados, a conquista de matéria prima, a criação ou rutura de monopólios, incentivando o alto consumo (Martin, 2011; Reyes, 2001).

A resposta das Nações Unidas pode ser representada pelas ações do Banco Mundial, quem tem criado uma série de métricas, resumidas em Indicadores de Desenvolvimento

Mundial, facilitando o monitoramento e o cumprimento dos compromissos adquiridos pelos países. É importante entender, que tais indicadores são estimativas, e muitos deles estão incompletos (WB, 2021).

A interpretação desses indicadores como o crescimento da população mundial, mostra a preferência pela convivência em grandes cidades, e como a industrialização tem gerado um dos maiores problemas de contaminação transgeracional: a geração de resíduos sólidos. Ela é acrescentada pelos hábitos de consumo, comprometendo o mesmo desenvolvimento e a vida das pessoas, especialmente, das mais vulneráveis (Velásquez, 2011; Dunel; Barbosa, 2019; Costa, *et al.*, 2020).

Aos hábitos de consumo deve-se acrescentar as práticas irracionais de descarte dos resíduos em áreas não autorizadas que comprometem a saúde das pessoas e outros seres vivos, além, de criar paisagens desagradáveis que impedem na maioria dos casos o convívio social (Pereira *et al.*, 2020; Pestana; Ventura, 2020).

A procura de uma solução ou soluções, tem gerado uma série de conceitos ou teorias, dentre estes, que é necessário entender a origem ou procedência dos resíduos. E como a geração na fonte pode fornecer ferramentas para criar a boa administração dos recursos, mediante algumas ações. Estas têm como princípio básico evitar a geração de rejeitos (resíduos com destino a aterros sanitários), como por exemplo: a reutilização de embalagens, não uso de produtos necessários, compras inteligentes, ou seja, compras que revelem a pegada sustentável.

Porém, são identificados vários desafios, desde a geração na fonte, a classificação, o traslado, a disposição e tratamento final (Almeida *et al.*, 2013; Franqueto; Delponte; Franqueto, 2019).

1.6.3 Práticas transgeracionais no gerenciamento dos resíduos

As evidências arqueológicas do gerenciamento dos resíduos nos aglomerados populacionais, estão intrinsecamente relacionados com as reações da população na procura do bem-estar e da saúde. Os relatos de grandes populações, como Atenas e Alexandria no século I a. C., sofreram do isolamento humano, poluição da água, no ar, contaminação sônica, acumulação de resíduos, e epidemias; tais situações continuaram pelos séculos nas diferentes cidades metrópoles como a Roma na época do império Romano, e nas cidades medievais que cresceram inicialmente sem planejamento urbanístico (Neila, 2011).

O estado caótico da poluição afetava os espaços públicos e privados, comprometendo a vida e saúde dos moradores; sem ordenamento, o lixo doméstico (sólido e líquido) era

misturado com os das outras atividades humanas, e a queimada era a principal forma de limpar as ruas do cheiro da decomposição da matéria fecal, do descarte de rejeito de alimentos, e da urina; a fumaça gerada se misturava com a da preparação de alimentos diários, produzindo uma atmosfera irrespirável, fonte de doenças respiratórias (Franchetti, 1984; Cordoba, 1998)

No entanto, segundo Neila (2011) alguns tratadistas antigos perceberam uma condição diferenciada com as fontes de águas, consideradas áreas sagradas fornecedoras de pureza e saúde, porém, a poluição também alcançou aos rios e mananciais pela ação das águas excretas, lixo e rejeitos orgânicos, afetando o nível freático e as águas superficiais. Outra ameaça as fontes das águas e sua pureza foi a poluição causada pelas guerras (Budbis, 1996).

Na idade média o insuportável costume de descarte de resíduos nas cidades provocou o desenvolvimento do ordenamento sanitário baseado no *bio-ordenamento*, a legislação forneceu uma solução as cidades com a obrigatoriedade de trasladar os resíduos para longe, na área chamada de vertedouro (Neila, 2011). Nas áreas rurais o tratamento dos resíduos era tratado com queima e pela escavação de fossas sumidouro, estas últimas usadas com menor frequência devido às diferentes enfermidades geradas pela decomposição (Martín, 2013).

Os problemas das cidades na Europa foram copiados na América, que enfrentou as mesmas dificuldades: a acumulação desmedida; a geração de doenças produto do cheiro e agentes vetores, além das lesões que sofreram os trabalhadores dos lixões; a poluição no ar produto dos gases por decomposição e pela queimada; a contaminação das águas subterrâneas e superficiais, dentre outras (Contreras; Maira, 2008; Saenz *et al.*, 2014).

Soluções baseadas em teorias e conceitos como a economia circular, os objetivos de desenvolvimento sustentável e economia verde, propõem uma abordagem multidisciplinar e multidimensional incentivando a participação do cidadão, para busca da eficiência, eficácia e economia na gestão como um sistema perfeitamente articulado e estruturado que traga confiança aos usuários (Abarca-Guerrero *et al.*, 2015)

O *bio-ordenamento* tem evoluído e desenvolvido uma série de ações globais, afetando a política e legislação internacional, tratados e convênios internacionais são assinados, produzindo uma ampla legislação em cada país, além, dos programas de gestão de resíduos adotados pela comunidade internacional como as 4 ou 5 R “repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar” (Gomes; Milke, 2022).

O cenário apresenta áreas de oportunidade na atenção das deficiências ainda detectadas nos participantes, especialmente, os catadores com falta de reconhecimento socioeconômico pelo serviço prestado na triagem dos resíduos e explorados pelos compradores dos materiais coletados (Corbellini, 2013; Saenz *et al.*, 2014).

Outras abordagens no tratamento no destino dos rejeitos apresentam discussões, principalmente, pela conveniência do uso, por exemplo, das usinas de incineração versus os aterros sanitários, ou seja, a emissão de gases gerados pela queima versus o gás metano gerado pela decomposição no aterro. Se discute a oportunidade do uso desses gases no estado de decomposição na geração de energia (Segura *et al.*, 2020; Tuanama; Cabanillas, 2021; Acuña, 2022). Outras posições envolvem o aproveitamento de materiais como matéria prima de produtos novos ou existentes, e sua inserção no mercado ativo, exemplo dos resíduos plásticos (Vásquez; Barboza 2021).

1.6.4 Melhores práticas de aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos sólidos

Segundo Segura *et al.* (2020) os países com as melhores práticas de gerenciamento de grandes quantidades dos resíduos sólidos são Alemanha, Suíça, Bélgica, Japão, Países Baixos, Suécia, Dinamarca e Noruega; a avaliação é baseada na redução de resíduos com destino aos aterros sanitários, e encaminhados a usinas de incineração com geração de energia e compostagem.

A preferência pelas plantas de incineração responde pela redução do volume dos resíduos tratados de 100% a 5%, se atendem as especificações técnicas, normas ambientais, e rigorosos padrões de operação. Onde o principal questionamento para sua implementação e uso, é a emissão de gases tóxicos para atmosfera (Ferrari; Andrade 2021; Pinto *et al.*, 2022). Dentre os gases identificados se encontram o gás carbônico (CO₂), óxidos de enxofre (SO_x), nitrogênio (N₂), oxigênio (O₂), material particulado (MP), ácido clorídrico (HCl), ácido fluorídrico (HF), e até monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos, dioxinas e furanos quando a combustão é incompleta (Ferrari; Andrade, 2021).

A segunda melhor prática ou prática adequada, consiste na separação dos resíduos orgânicos para um tratamento de biodigestores ou a transformação em adobo pelo meio do compostagem, o que permite aproveitar o conteúdo nutricional da fração orgânica gerando produtos com alto valor agregado (Vargas-Pineda, 2019; Gonzáles-Jiménez; Villaobos-Morales, 2021).

Na maior escala de volume de resíduos identificam-se três aprendizados de tratamento: a) destino nos aterros sanitários; b) usinas de incineração; e c) bioenergia (gás e compostagem). Esta última usada em menor escala. A adoção dos 3, 4 ou 5R (R^s) pela comunidade internacional tem um valor maior, quando se junta as propostas da economia circular e a responsabilidade social empresarial (RSE). A gestão empresarial visa a operação industrial sustentável mediante

o aproveitamento cíclico dos materiais, usando processos tecnológicos que facilitem uma renda com imagem eco-produtiva, contrária a produção linear que ocasiona escassez dos recursos pelo descarte (Morocho, 2018; Melendez *et al.*, 2021).

Além disso, há o desenvolvimento de uma dinâmica socioeconômica nos grupos mais vulneráveis da sociedade, hoje dedicados a triagem e a comercialização dos materiais com apoio da normativa internacional de cada país, com uma série de condições de desenvolvimento educativo, financeiro e de organização em grupos (Cruz *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2022).

A partir da separação de materiais na fonte (vidro, plástico, papelão, entulhos, alumínio), a indústria tem gerado uma série de produtos de uso comum, como por exemplo: cerâmica, madeira plástica, seixos, garrafas, e materiais de construção de estradas. O uso do vidro e concreto reciclado são usados com êxito na estabilização e aumento da capacidade de carga dos solos argilosos, também, na elaboração de colunas de concreto e pisos. reduzindo os custos (Huamán, 2021; Muñoz; Aimacaña; Lema, 2021; Terrones *et al.*, 2022).

A reciclagem do plástico mediante a técnica do aquecimento, em conjunto com o processo de extrusão (expulsão forçada) a moldes, é um êxito replicado no mundo, está se une a mistura com matérias de fibras de origem vegetal gerando produtos bem-sucedidos no mercado (Diaz *et al.*, 2022; Posada; Montes-Flores, 2022).

O sistema de coleta seletiva do papelão na Espanha é uma referência internacional, graças a participação coletiva. O material é reutilizado para evitar o desabastecimento de papel higiênico e sanitário, embalagem de comida, bebida, e produtos farmacêuticos gerando uma sensação de satisfação nos participantes pelo cuidado ao meio-ambiente (Barrio, 2021; Hall-López, 2021).

No caso do alumínio é usada tecnologia digital, onde, as pessoas contatam por meio do aplicativo ReciApp a empresa ReiVeci para fazer entrega do material para sua reutilização, na troca recebem pontos por produtos das marcas participantes (Baque; Casagualpa; Gallardo, 2021). Na produção de energia 177.7 quilogramas de garrafas de alumínio equivalem a 3960.3kwh, aproximadamente, 300.000 horas disponíveis para uso em lâmpadas de 60w ou 79.000 em computadores portáteis (Bautista *et al.*, 2021). Do alumínio reciclado também é possível obter espumas metálicas (Espasadin, 2022)

O uso da borracha reciclada proveniente dos pneus favorece a construção de estradas com resultados favoráveis na modificação do pavimento, aumenta a capacidade de rodagem e a escoamento das águas no período de chuva, sendo usado na produção de vasos (Bernal-Figueroa *et al.*, 2021; López; Razo, 2022).

1.6.5 Evolução da normativa relacionada com resíduos sólidos

1.6.5.1 *Convênios e Tratados Internacionais*

Segundo o observatório do Princípio 10 da Comissão Econômica para América Latina e o Caribe (CEPAL, 2022) o Brasil tem ratificado 16 instrumentos internacionais relacionados com temas ambientais. O registro inicia no ano 1975 com o tratado gerado na Convenção sobre o comércio internacional de espécies ameaçadas de fauna e flora silvestre, e finaliza no ano 2021 com a participação no Protocolo de Nagoia, acordo complementar ao Convênio sobre a Biodiversidades Biológica 2014. O acordo tem por objetivo a participação justa e equitativa dos benefícios do uso dos recursos genéticos.

O Brasil é Estado parte do Protocolo de Montreal e de Viena (1990) relativo às substâncias que afetam a Camada de Ozono, do Convênio de Basilea (1992) sobre o controle dos movimentos transfronteiriços do descarte de resíduos perigosos e sua eliminação, no ano 1994 assina o Convênio sobre a Diversidade Biologia e o Convênio Marco das Nações Unidas sobre a Mudança Climática.

A participação contínua no ano 1997 no convênio Internacional de luta contra a desertificação, especialmente, nos países da África, no ano 2002 afirma posição no Protocolo de Kyoto sobre a Mudança climática, no 2003 faz parte do Protocolo de Cartagena sobre a seguridade da biotecnologia, no 2004 assina o Protocolo de Estocolmo sobre contaminantes orgânicos persistentes e o Convênio de Rotterdam para a aplicação do procedimento de consentimento baseado a diferentes praguicidas e produtos químicos, na mesma linha no 2006 assina o tratado internacional sobre os recursos filogenéticos para a alimentação e agricultura.

E nos anos 2015, 2016, 2017 e 2021 assina respectivamente: a Convenção sobre a conservação de espécies migratórias, o Acordo de Paris sobre a Mudança Climática, o Convênio de Minata sobre o uso de Mercúrio, e o acordo complementar sobre a diversidade biológica de 2014.

Os esforços do governo brasileiro ao interno para cumprir com esses acordos e tratados internacionais, materializam-se no licenciamento ambiental como instrumento de controle e comando da gestão ambiental, porém, sofre das críticas dos usuários pelas complicações e lentidão para sua aprovação (Khalil; Santos, 2020). Disto, somam-se os interesses de uns poucos pelo enriquecimento sobre a preservação ambiental, o que provoca a desatenção das leis colocando em risco os recursos naturais (Holanda; Souza; Sousa, 2022; Monteiro *et al.*, 2022).

1.6.5.2 *Legislação Brasileira aplicada aos resíduos sólidos*

O desenvolvimento da organização política do Brasil depois do imperialismo português, pôde ser traçado pela evolução da Constituição Federal, segundo o SENADO (2021) são sete

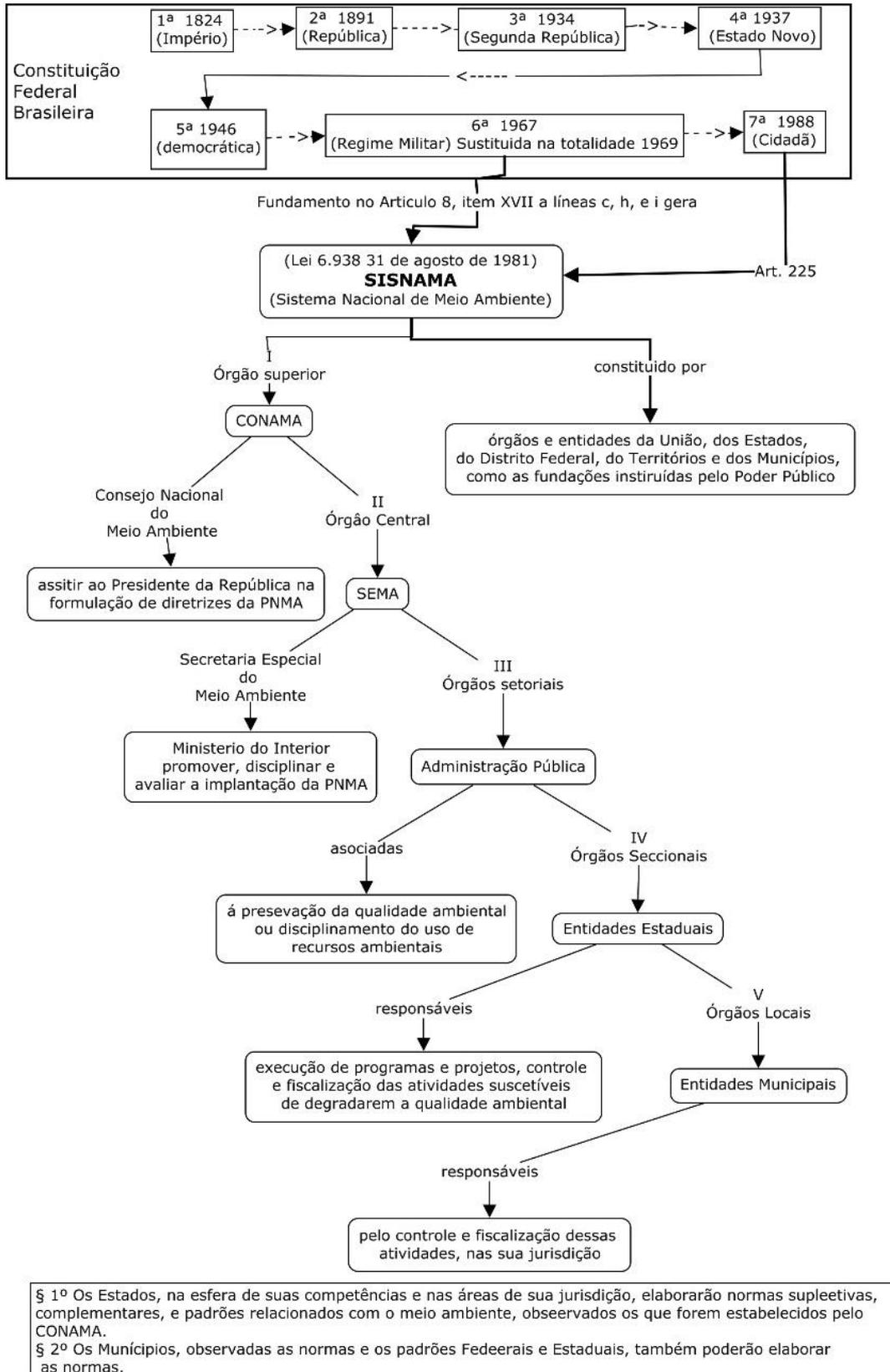
as constituições promulgadas nos anos 1824, 1891, 1934, 1937, 1946 e 1967 (1969) e 1988. A Emenda Constitucional nº 1 à Constituição do Brasil de 1967 promulgada o dia 17 de outubro de 1969 com entrada em vigor o dia 30 do mesmo mês, a emenda é tão profunda que é considerada como uma nova constituição, chamava-se *Constituição do Brasil* e passou a chamar-se *Constituição da República Federativa do Brasil* (Emenda Constitucional m. 1 de 17.10.1969). A Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981 dispõe a Política Nacional do Meio-Ambiente (PNMA) fundamentada no artigo 8, item XVII, alíneas c, h, e i, da Constituição Federal (CF 1969) tem por objetivo:

“... a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia a vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses de segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana...” Art. 2º Lei Nº 6.938/BR.

No artigo 6 se responsabiliza pela proteção e melhoria da qualidade ambiental ao Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), produto da evolução da organização política se estrutura como se mostra na Figura 3, em cinco níveis de ação:

- I) Órgão Superior, corresponde ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), assiste ao Presidente da República na formulação de diretrizes da PNMA,
- II) Órgão Central, corresponde a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), Ministério do Interior promove, disciplina, avalia e implanta a PNMA,
- III) Órgãos setoriais da Administração Pública, associadas pela preservação da qualidade ambiental e o disciplinamento do uso dos recursos naturais,
- IV) Órgãos Seccionais, composto pelas Entidades Estaduais responsáveis pela execução de programas e projetos, controle, e fiscalização das atividades suscetíveis de degradarem a qualidade ambiental, e
- V) Órgãos Locais, Entidades Municipais responsáveis pelo controle e fiscalização dessas atividades, na sua jurisdição.

Figura 3 - Estrutura SISNAMA.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) é afirmado no Capítulo VI, artigo nº 255 da Constituição Federal de 1988 (§1 ao §6):

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” Art. nº 255 CF 1988.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2022) tem emitido uma série de resoluções relacionadas aos resíduos sólidos, dentre elas mostram-se algumas na Tabela 3a e 3b.

Tabela 3a - Resoluções do CONAMA com menção dos resíduos (1986-2012).

Nº	Data	Nome
7	16/09/1987	Dispõe sobre a regulamentação do uso do amianto/asbestos no Brasil
6	19/09/1991	Dispõe sobre o tratamento dos resíduos sólidos provenientes de estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos.
5	05/08/1993	Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários.
23	12/12/1996	Dispõe sobre as definições e o tratamento a ser dado aos resíduos perigosos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito.
228	20/08/1997	Dispõe sobre a importação de desperdícios e resíduos de acumuladores elétricos de chumbo.
264	26/08/1999	Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para unidades de coprocessamento de resíduos
275	25/04/2001	Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.
307	05/07/2002	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de construção civil.
313	29/10/2002	Dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais.
316	20/11/2002	Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistema de tratamento térmico de resíduos.
348	16/08/2004	Altera a resolução CONAMA nº 307, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.
369	28/03/2006	Dispõe sobre os casos excepcionais de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente. <i>Seção IV da regularização fundiária sustentável de área urbana</i>

Fonte: Adaptado de CONAMA (2022).

Tabela 3b - Resoluções do CONAMA com menção dos resíduos (1986-2012).

Nº	Data	Nome
404	11/11/2008	Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.
411	06/05/2009	Dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimento volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serraria.
128	15/03/2017	Moção de apoio à avaliação de aplicação de medidas públicas de incentivos econômicos, financeiros, fiscais e creditícios às práticas de reciclagem.
436	22/12/2021	Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007.
450	06/03/2012	Altera os arts. 9º, 16, 19, 20, 21 e 22, e acrescenta o art. 24-A à Resolução no 362, de 23 de junho de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, que dispõe sobre recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado.
452	04/07/2012	Dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito. Revoga as Resoluções nº 08/1991, nº 23/1996, nº 235/1998 e nº 244/1998.
465	05/12/2014	Dispõe sobre os requisitos e critérios técnicos mínimos necessários para o licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens de agrotóxicos e afins, vazias ou contendo resíduos
467	16/07/2015	Dispõe sobre critérios para a autorização de uso de produtos ou de agentes de processos físicos, químicos ou biológicos para o controle de organismos ou contaminantes em corpos hídricos superficiais e dá outras providências.
469	29/07/2015	Altera a Resolução CONAMA no 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
481	09/10/2017	Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências.
482	06/10/2017	Dispõe sobre a utilização da técnica de queima controlada emergencial como ação de resposta a incidentes de poluição por óleo no mar.
491	21/11/2018	Dispõe sobre padrões de qualidade do ar.
497	19/08/2020	Altera a Resolução nº 411, de 6 de maio de 2009, que dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimento volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serraria.
499	06/10/2020	Dispõe sobre o licenciamento da atividade de coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de produção de clínquer. Revoga a Resolução nº 264/1999
501	22/10/2020	Altera a Resolução nº 382/2006, que estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.
503	16/12/2021	Define critérios e procedimentos para o reuso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias.

Fonte: Adaptado de CONAMA (2022).

A normativa anterior fornece ferramentas valiosas na criação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, no mesmo se estabelecem instrumentos para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, conferindo o planejamento a ser estabelecido mediante articulação entre as

diferentes esferas do poder público com o setor empresarial, com vistas à cooperação para atendimento dos objetivos estabelecido no art. 9º da Lei, respeitando a ordem de prioridade de ações (não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos), ressaltando a possibilidade de adoção de tecnologias e à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos (MMA, 2020).

1.6.5.3 Aplicação da legislação brasileira na Região Metropolitana de Belém (Pará)

O cumprimento da normativo do país na Região Metropolitana de Belém do Pará, pode ser observado a partir das informações sobre resíduos sólidos obtidas: no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022) e Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, publicado pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe, 2021); junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022); ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2022); e a família de indicadores de Desenvolvimento Humano Municipal de Banco Internacional de Desenvolvimento (BID, 2022).

O SNIS é um dos mais importantes sistemas de informações do setor saneamento no Brasil, o banco de dados contém informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro, contábil e de qualidade sobre a prestação de serviços de água, de esgotos e de manejo de resíduos sólidos urbanos, desde 1995. Permite a utilização dos seus indicadores como referência para comparação e como guia para medição de desempenho da prestação de serviços, no caso do componente dos resíduos sólidos as informações são fornecidas pelos municípios (SNIS, 2022).

O SNIS a consultou as informações e os indicadores em dois componentes: "Água e Esgotos" e/ou "Resíduos Sólidos Urbanos", permitindo realizar o cruzamento dos dados para possibilitar melhor compreensão e avaliação do setor de saneamento. O SNIS Resíduos Sólidos possui as seguintes famílias de informações gerais: coleta; resíduos construção civil; coleta seletiva; resíduos serviços de saúde; varrição; capina e roçada; catadores; outros serviços; e unidades de processamento.

Segundo Abrelpe (2021) a região norte participa em 7,4% da geração total de resíduos sólidos, a menor alíquota de Brasil, no entanto, a métrica quando por pessoa é de 0,898 kg/hab/dia, sendo a segunda mais baixa depois da região sul, que está em torno de 20%. São coletados 4.982.940 toneladas por ano, o índice de cobertura de coleta geral é de 81,4%, a

percepção (resposta sim ou não) de iniciativas de coleta seletivas de coleta seletiva optem um 65,3%, e a disposição final inadequada é de 64,4%.

As estimativas referenciadas ao 1 de julho de 2021 da população residente na região Norte (18.906.962 habitantes hab) e estado de Pará (8.777.124 hab), consideram para a Região Metropolitana de Belém: Ananindeua - 540.410 hab., Belém - 1.506.420, Benevides - 64.780, Castanhal - 205.667, Marituba - 135.812, Santa Bárbara do Pará - 21.811, e Santa Izabel do Pará - 72.856; no total 2.550.756 habitantes (IBGE, 2022),

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) na média do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) no período 2000-2010 mostram uma taxa de crescimento para a Região Metropolitana de Belém de 11,98%, e localizam a cidade de Belém dentre as 20 principais de Brasil (IPEA 2022a, 2022b).

Apesar disso, e da existência da Lei Complementar Estadual n. 8.096/2015 que indica a Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas (SEDOP) quem por médio da Diretoria de Planejamento Metropolitano e Gestão Territorial (DIMET) deve coordenar, propor e acompanhar as políticas de organização urbana e regional, e a promoção de estudos e análises *técnicos nos projetos, convênios e parcerias com os municípios* das regiões metropolitanas. Destacando que não existe um órgão específico com responsabilidades sobre as relações interfederativas (IPEA, 2021).

As prefeituras de Belém, Ananindeua, e Marituba têm assinado um acordo de cooperação técnica desde 2015, na específica, para o gerenciamento dos resíduos sólidos, que consiste na transferência de responsabilidade de processamento e tratamento de resíduos a empresa Guamá Tratamento de Resíduos Ltda no aterro sanitário localizado no município de Marituba (IPEA, 2021).

A família de indicadores de Desenvolvimento Humano Municipal do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) relacionado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável mostram os postos e índices a 2010: 79 (0,746), 107 (0,718), 149 (0,676), 152 (0,673), 160 (0,665), 166 (0,659) e 198 (0,627) dos municípios de Belém, Ananindeua, Marituba, Castanhal, Benevides, Santa Izabel e Santa Bárbara do Pará respectivamente, as posições são compartilhadas com outros municípios do total de 5.565 (PNUD, 2022).

1.6.6 Panorama de interação entre os usuários

O governo brasileiro tem elaborado uma estrutura legislativa que fornece ferramentas para realizar de contínuo um trabalho de melhoria na administração e tratamento dos resíduos, sejam, líquidos ou sólidos, perigosos ou não. A participação em acordos e tratados internacionais facilita a troca de experiências e o compromisso em assumir responsabilidades globais, permeando assim toda a estrutura país: órgãos e entidades públicas e privadas, com o sem fins lucrativos

O gerenciamento das grandes quantidades de resíduos sólidos urbanos (RSU) na RMB está sendo tratado mediante o Acordo de Cooperação Técnica (ACT) das prefeituras de Belém, Ananindeua e Marituba (IPEA, 2021). Os municípios de Castanhal e Santa Izabel do Pará participam na criação de um Consórcio Intermunicipal sobre a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos com os municípios de Inhangapi, São Francisco do Pará, Santa Maria do Pará (Castanhal, 2022).

A prefeitura de Benevides assume a responsabilidade do gerenciamento dos RSU com a proposta de projeto Desperdício Zero dentro da política ao reforço de práticas de reaproveitamento, reutilização e reciclagem dos resíduos (Benevides, 2022). E o município contratou a empresa Preserve Coletora de Resíduos Ltda para a prestação do serviço de coleta, transporte, reciclagem, incineração e destinação final dos resíduos de saúde (lixo hospitalar) (Santa Bárbara Do Pará, 2022).

A cultura da reciclagem vem sendo desenvolvida promovida pela legislação que elimina os lixões, substituindo por aterro sanitário, coleta seletiva, logística reversa, incluindo a participação do trabalho organizado dos catadores, no entanto, o descarte inadequado continua contribuindo significativamente a proliferação de insetos, transmissão de doenças e poluição visual (Lima; Abreu, 2022). A dificuldade de resultados maiores da atividade dos catadores observada por Carvalho (2016), é consequência da falta de um compromisso maior por parte da população e das autoridades (Lima; Abreu, 2022).

Unem-se os conceitos de economia solidária como estratégia para o desenvolvimento local, inclusão econômica, e reorganização social, valoriza o trabalho de autogestão e articula os atores envolvidos (Magno *et al.*, 2022). A implantação da coleta seletiva solidária é viável ambientalmente adequada desde que se adeque o processo a realidade dos funcionários e o funcionamento do órgão (Andrade *et al.*, 2022).

O conceito da logística reversa surge como alternativa de diminuição ao mau gerenciamento dos resíduos pós consumo, para sua aplicação requer de um plano de educação para todos os usuários, no caso do óleo residual de fritura é e pode ser reutilizado na produção de sabão líquido ou em barra (Araújo *et al.*, 2022).

Existe também, a proposta de ressignificação dos resíduos sólidos pelo meio do movimento popular Moeda Verde de mobilização social para a troca de material reciclável por moeda social, agrega valor: gerando emprego, redução da quantidade de resíduos aproveitáveis enviados para o lixão e o descarte inadequado. Esta reduz sistematicamente a pressão sobre os ecossistemas locais, e promove a coleta seletiva (Athaíde; Gonçalves; Ramos, 2022).

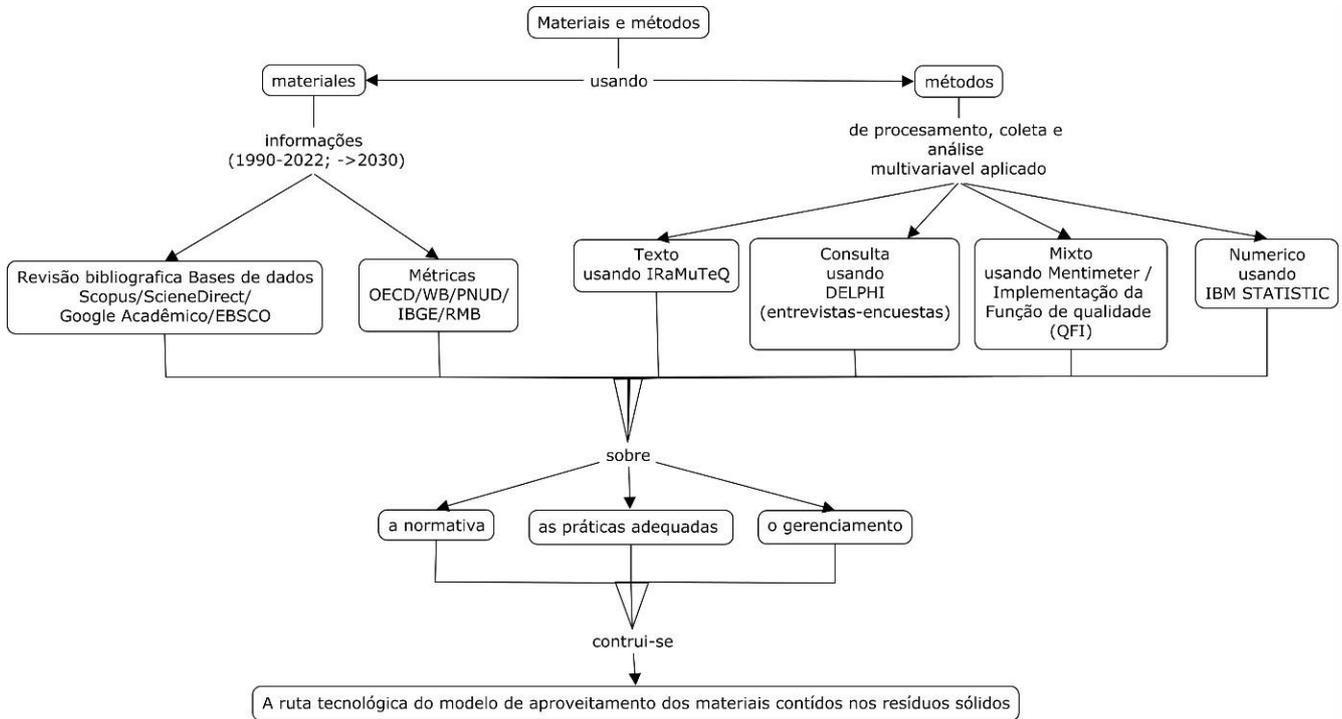
A participação e associações público privadas, estão acontecendo. Mas ainda precisa de soluções que respondam às exigências dos conceitos de economia circular, social solidária, logística reversa, aproveitamento dos recursos naturais, e mesmo assim com a necessidade de recursos financeiros para sua elaboração, implementação, monitoramento e seguimento.

1.7 Estrutura e metodologia integrada

A situação do gerenciamento dos RS é abordada multidisciplinarmente unindo as bases secundárias com o uso de metodologias multidimensionais que podem ser representadas com produtos quantitativos que facilitam a interpretação dos resultados.

O desenvolvimento da pesquisa é ilustrado na Figura 4, usando materiais e métodos aplicados no mundo, no Brasil e na RMB sobre as melhores práticas de gerenciamento dos RSU e sua contribuição na construção do modelo, é aplicado a análise multivariável usando software de uso livre como IRaMuTeQ para análise de textos, a metodologia e procedimentos DELPHI para a consulta de expertos, o software IBM-SPSS STATISTIC para análise de dados numéricos e a Implementação da Função da Qualidade (QFI) e Mentimeter para a análise misto de dados qualitativos e quantitativos.

Figura 4 - Material e métodos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

1.7.1 Base de dados

As bases de dados acessadas correspondem a entidades internacionais e nacionais oficiais, de uso contínuo nas pesquisas científicas:

- Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD): BIG-DATA no período (1990-2020) relacionada com os resíduos ordinários, que compreende resíduos líquidos e sólidos gerados pelas comunidades, administradas por entidades público, privadas ou combinação delas, principalmente, gerados nas cidades e tratados nelas o fora delas (OECD, 2021a, b).
- Banco Mundial (WB): Indicadores de Desenvolvimento Humano (WB, 2021) no período (1990-2020), compreende 1443 índices que foram classificados em social, econômico, ambiental, social-econômico, social-ambiental, econômico-ambiental e social-econômico-ambiental para identificar as interações da sustentabilidade.
- A base de produção científica: Periódicos CAPES, SCOPUS, Science Direct, no período de 1970 a 2022. A base legal corresponde a Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010 (que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos), Plano Nacional de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos (PNRS), Plano Nacional Meio Ambiente (PNMA), e decretos associados. A base de

execução é o Programa Plano de Gerenciamento Municipal de Resíduos Sólidos (PPGRS) de cada município da Região Metropolitana de Belém (RMB).

d) Dados estatísticos da RMB do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal do Banco Interamericano de Desenvolvimento (IBD) que abrange satisfações aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e o Índice ajustado de Geração dos Resíduos (RO) proposto por Rosales Mendoza *et al.*, 2023).

e) A aplicação específica à RMB da geração e gerenciamento dos resíduos sólidos, usando as informações do SNIS (2022), Abrelpe (2021) e do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2022),

De forma complementar foi realizada uma consulta interdisciplinar à profissionais representantes dos municípios da RMB e junto à associação de catadores.

1.7.2 Área de Análise e aplicação

A região metropolitana de Belém do Pará é formada pelos municípios de Ananindeua, Benevides, Belém, Castanhal, Marituba, Santa Bárbara do Pará, e Santa Izabel do Pará (Figura 5).

No último censo do IBGE (2010) a região tinha uma população de 2.275.032 habitantes com uma estimativa de 2.566.203 habitantes para o ano 2020, o território tem uma extensão de 3.566.203 km² a densidade demográfica é de 719 hab./km². Segundo o IPEA (2015) a criação da Região Metropolitana de Belém aconteceu em 1973, com a integração da gestão e planejamento dos municípios que a compõem. Com um papel de centro urbano relacional de alcance regional, nela se localizam a maioria das sedes das instituições públicas da região, por enquanto, configurasse como o centro administrativo regional das políticas e programas de desenvolvimento da Amazônia.

O município com a maior densidade de população é Ananindeua com 2.810 hab./km², seguido de Belém e Marituba, apesar disso, o município com o maior PIB é Benevides de R\$ 25.772 reais por ano *per capita*, seguido de Belém de R\$ 21.191,47 e Castanhal R\$ 19.728. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), revela que o primeiro, segundo e terceiro lugar pertencem a Belém, Ananindeua e Marituba respectivamente, a média do índice é de 0,68 (Tabela 4 e Tabela 5). A produção diária dos RSU estimada para 2020, usando a média de 1,08 kg/pessoa, calculada pelo autor com base na referência de Bastos (2009), é de 2.732 Ton aproximadamente.

Figura 5 - Municípios da Região Metropolitana de Belém - Pará.

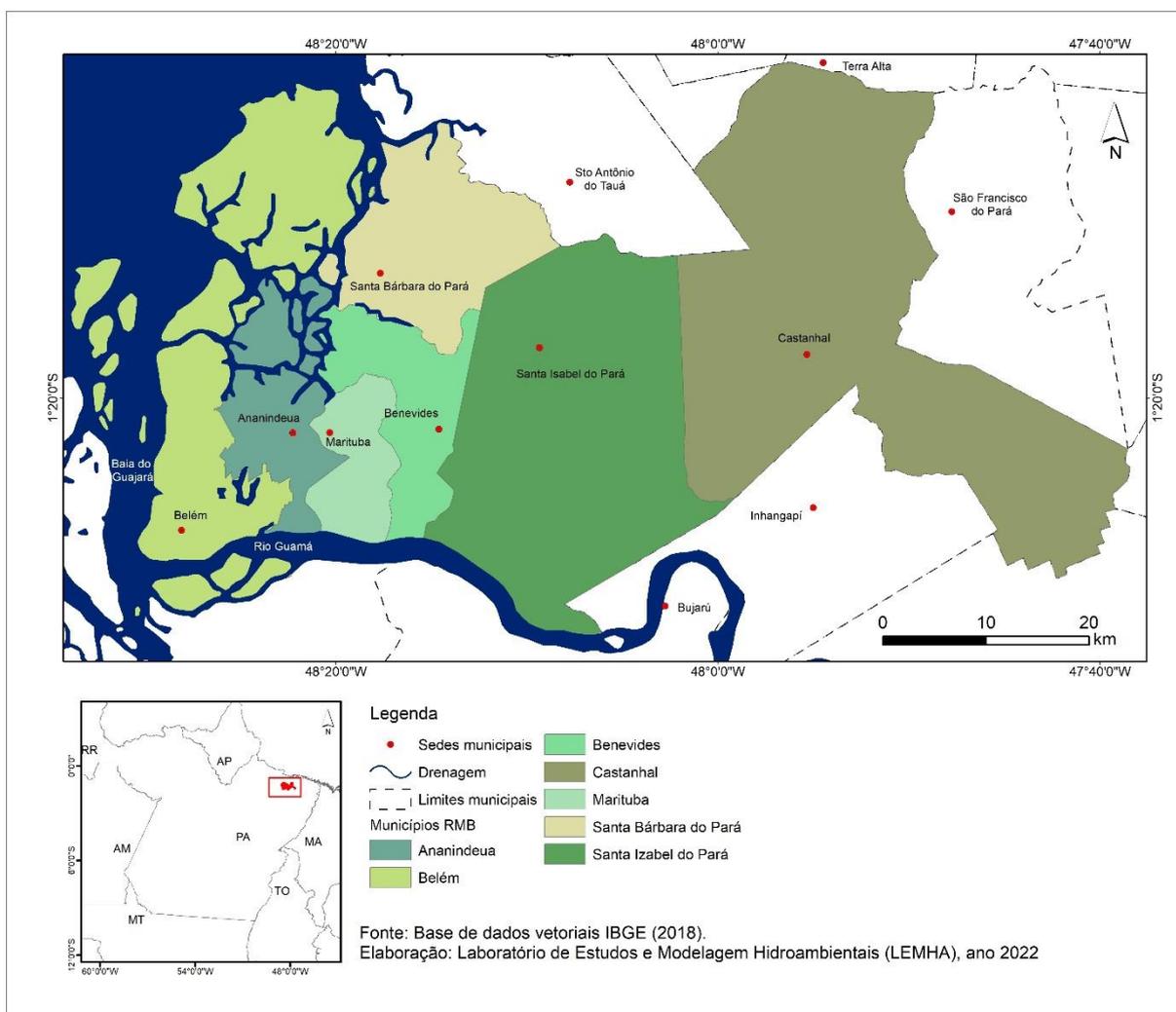


Tabela 4 - Municípios da Região Metropolitana de Belém - Pará: características socioeconômicas.

<i>Municípios</i>	<i>População no último censo 2010</i>	<i>Área da unidade territorial</i>	<i>População estimada 2020</i>
Ananindeua	471.980	190.581	535.547
Belém	1.393.399	1.059.466	1.499.641
Marituba	108.246	103.214	133.685
Benevides	51.651	187.826	63.768
Castanhal	173.149	1.029.300	203.251
Santa Izabel do Pará	59.466	717.662	71.837
Santa Bárbara do Pará	17.141	278.154	21.449
Total	2.275.032	3.566.203	2.529.178

Fonte: Elaborada pelo autor, dados do IBGE (2021).

Tabela 5 - Municípios da Região Metropolitana de Belém - Pará: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

<i>Municípios</i>	<i>Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)</i>	<i>PIB per capita</i>	<i>Densidade de população</i>	<i>RSU (Ton)</i>
Ananindeua	0,72	14.314,96	2.810	578,39
Belém	0,75	21.191,47	1.415	1.619,61
Marituba	0,68	14.706,60	1.295	144,38
Benevides	0,67	25.772,35	340	68,87
Castanhal	0,67	19.728,13	197	219,13
Santa Izabel do Pará	0,66	10.867,42	100	77,15
Santa Bárbara do Pará	0,63	8.325,10	77	23,41
Total	0,68	114.906	6.235	2.731,65

Fonte: Elaborada pelo autor, dados do IBGE (2021).

Os dados formam parte do conhecimento básico das características socioeconômicas da população da RMB e sua relação com os RSU.

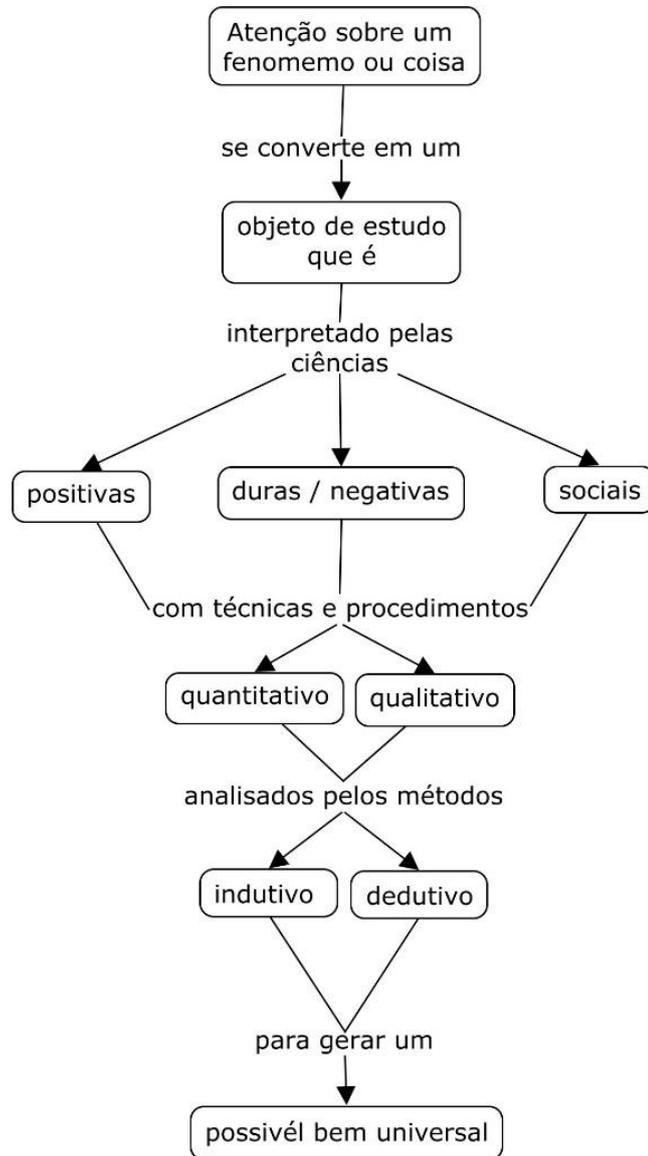
1.7.3 Método

A pesquisa é desenvolvida adotando o método descritivo exploratório, descrevendo quantitativa e qualitativamente, mediante a análise estatística multivariável os dados textuais e numéricos no histórico e projeções para o período de estudo de 1991 a 2020, prevendo uma estimativa para o espaço entre 2021 e 2050, na RMB.

O método abdução é o método científico aplicado (Figura 6), este consiste em realizar uma pesquisa voltada a um objeto estudo, onde indistintamente as informações são tratadas com procedimentos e técnicas qualitativas e quantitativas, para logo induzir e deduzir algum ou um possível bem universal (Nubiola, 2004; Niño, 2007; Rosales Mendoza; Mota, 2017; 2021).

Acrescenta-se o valor das observações vivenciais do desenvolvimento e aplicação da legislação brasileira, especialmente na RMB. Esta busca se aperfeiçoar com a participação da cidadã nos assuntos ambientais, como definido pelas Nações Unidas no Acordo de Escuzú (AE, 2018) com o uso do método DELPHI assistido pelo aplicativo de interação remota Mentimeter (2022) para consultas e trabalhos On-Line.

Figura 6 - Método adutivo.



Fonte: Adaptado de Rosales Mendoza e Lima (2022).

1.7.4 Estatística multivariável aplicada

A análise multivariável aplicada usando os softwares IRaMuTeQ para os dados textuais e IBM-SPSS para os dados numéricos. Estes softwares são usados com êxito em diferentes estudos de interesses múltiplos e de numerosas variáveis, facilitando a interpretação dos resultados e gerando um diagnóstico da situação alvo da pesquisa (Cheol-Heum *et al.*, 2019; Tian *et al.*, 2019; Kumar *et al.*, 2021; Romero-Silva; Leeuw, 2021).

1.7.5 Tratamento de dados quantitativos

É usado o software de IBM-SPSS (*International Business Machines Corporation / Statistical Package for the Social Science*) ou Pacote Estatístico para as Ciências Sociais da empresa IBM, baseado na análise exploratória dos dados totais, excluindo dados até chegar a dois componentes principais. As variáveis finais explicam o conteúdo da base de dados iniciais. O procedimento analítico adotado pode ser exemplificado nos trabalhos de Cheol-Heum *et al.*, 2019, e Tian *et al.*, 2019.

A análise conhecida como Análise Canônico de Componentes Principais (PCA pela sigla em inglês) produto da equação 1, que identifica a variância total com valor máximo de 1, o procedimento se repete até reduzir os dados ao número ideal de dois fatores comuns que são explicados por variáveis específicas (Equação 2).

Equação 1. *Variância total = variância comum + variância específica + erro*

Equação 2. *Variância única = variância específica + erro*

Com os dados reduzidos o software calcula os indicadores: a) determinante da matriz anti-imagem (MAS - *Measure of Sampling Adequacy*); b) o KMO (*Kaiser Meyer Olkin Measure fo Sampling Adquacy*); e c) o Barlett (*Test of Sphericity*).

a) O determinante da matriz de correlação indica a possibilidade de aplicar a técnica da rotação. Valores iguais a zero indicam que não é possível. O MSA revela os valores normalizados (entre 0,00 e 1,00) indicando o grau de ajuste de cada variável à análise fatorial, são excluídas as variáveis com valor menor de 0,5 consideradas sem valor de significância comum.

b) O KMO tem valores normalizados (entre 0,00 e 1,00), devido aos fatores comuns. Este mostra a proporção da variância das variáveis específicas finais de um todo (Equação 3). Quanto mais próximo o valor de 1,00 (um), revela a certeza do uso da técnica, valores menores que 0,5 revelam a não conveniência de uso da técnica.

$$\text{Equação 3. } KMO = \frac{\sum \sum_{j \neq k} r_{jk}^2}{\sum \sum_{j \neq k} r_{jk}^2 + \sum \sum_{j \neq k} q_{jk}^2}$$

Onde: r_{jk}^2 = Quadrado dos elementos da matriz de correlação fora da diagonal; q_{jk}^2 = Quadrado das correlações parciais entre as variáveis.

c) Bartlett, baseado na distribuição do “x-quadrado” (Equação 4), testa a hipótese nula (H_0), ou seja, que não existe correlação entre as variáveis.

Equação 4. $X^2 = - \left[(n - 1) - \frac{2p+5}{6} \right] \ln|R|$; com distribuição χ^2 ao quadrado com grau de liberdade $\nu = \frac{p(p-1)}{2}$.

Onde: n = tamanho da amostra; p = número de variáveis; $|R|$ determinante da matriz de correlação.

Os parâmetros de decisão de validação: (i) índice determinante significativo próximo a zero; (ii) maior quantidade de valores em distribuição de fatores; e (iii) número de rotações de χ^2 ao quadrado.

1.7.6 Tratamento de dados qualitativos

Foi utilizado o software de interação de dados de texto e questionários em R (IRaMuTeQ pelas siglas em francês criado por Pierre-Ratinaud (2009) na “ciência-metra” ou métrica da ciência, que consiste no estudo quantitativo das atividades científicas extraída da produção de artigos científicos (Maracajá *et al.*, 2021; Silva; Ribeiro, 2021).

Os cálculos empregados no IBM-SPSS o IRaMuTeQ adiciona o JK-META-BIPLLOT, como o agrupamento de palavras conhecida como *Clouster's* ou Caracterização Hierárquica dos Dados (CHD), produto da aplicação da Equação 5 (Caballero-Julia *et al.*, 2014).

$$\text{Equação 5. } f'_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\max_i} \sqrt{\max_j}}$$

Onde: f_{ij} é o máximo da linha, mas não da coluna aumentando a caracterização individual da palavra.

A Análise Fatorial de Caracterização (AFC) é utilizada para representação dos resultados na forma de nuvem de palavras, rede neuronal, dendrograma, e clusters, usados para interpretação dos resultados (Góes *et al.*, 2021).

1.7.7 Tratamento de dados mistos

A aplicação do método DEPHI partiu da visita a cada um dos municípios da Região Metropolitana de Belém (RMB), sensibilizando sob a importância da visibilização das ações, tarefas e atividades relacionadas com os resíduos urbanos. Em segundo plano, foi realizada a visita à algumas organizações (cooperativas e associações de catadores); e por último foram visitadas algumas empresas, também relacionadas com o gerenciamento dos resíduos sólidos.

A tomada de informações constou de entrevistas e coleta de informações por meio de questionários feitos na plataforma de Mentimeter e Google-Form, conforme proposta de Sullivan *et al.* (2021) e Carter *et al.* (2022).

Na consulta qualitativa, a amostra adotada foi de três fontes:

1) consulta pelo médio de face book nas línguas português e espanhol, e
2) consulta direta a organizações e grupos focais da RMB. Sendo, os principais questionamentos feitos, associados aos seguintes pontos de referência:

- (a) Na sua opinião qual é a ordem de prioridade de atenção dos ODS;
- (b) escreva as cinco primeiras palavras relacionadas com seu trabalho de experto em triagem, reciclagem ou comercialização de materiais contidos nos RSU; e
- (c) foi solicitado a redação de um documento anônimo no word com qualquer do seguinte conteúdo ou todos eles: 1) inconformidades ou incômodos do trabalho dia a dia, 2) oportunidades de melhoria, 3) o que faz feliz no seu trabalho, e 4) qualquer outra coisa que deseje.

A tabela usada no subsídio à Implantação da Função de Qualidade (QFD, Quality Function Implementation) foi formulada conforme as orientações contidas no Continuous Improvement Toolkit (citolkit.com), que apresenta um conjunto de orientações de auxílio à formulação de mapas mentais e regras de agrupamento.

Os parâmetros usados (Tabela 6) avaliam as relações entre componentes e variáveis. Os resultados são classificados pelo grau de importância, e a pontuação, pela prioridade.

Tabela 6 - Parâmetros de avaliação.

Classificação das relações	Classificação de importância	Classificação de prioridades	Pontuação	Cores
Forte	1	5	≥ 161	Vermelho
Moderada	2	4	$\geq 140; \leq 160$	Laranja
Baixa	3	3	$\geq 81; \leq 120$	Amarelo
Nenhuma	4	2	$\geq 41; \leq 80$	Branco
	5	1	$\geq 0; \leq 40$	Verde

Fonte: Adaptada pelos autores, tendo como subsídio as orientações contidas no *Continuous Improvement Toolkit*.

CAPÍTULO II WORLD DEVELOPMENT AND GENERATION OF WASTE³

Introduction

Over two centuries ago after Thomas Robert Malthus (1766–1834) remarks about the planetary limits to population growth, and after more than seven decades from the first international conference on Sustainable Use of Resources held in 1949, its scope was detailed in the Brundtland report (1987) proposing the search for best practices for Sustainable Development, that is, equity between the social, economic and ecological dimensions; results show little progress, as the environmental control instruments show that the exploitation of nature prioritizes over environmental sustainability, accelerating the degradation of the planet (Mura and Reyes, 2015; Keong, 2021).

The interaction of the socio-economic and environmental dimensions has generated a global consciousness to the degree of identifying humanity as the main responsible for global transgenerational changes, hence the recognition of the titled era of the "Anthropocene" (Carvalho *et al.*, 2021; Costa, 2021). But how are these dimensions understood?

Social development is a process of intentional transformation to improve the conditions of individual and collective well-being above the income level, or institutional and/or social range (Gutiérrez, 2011; Vyas, 2022). From this perspective, social development would be the result of the improvement of the collective indexes of well-being such as life expectancy, infant mortality, available income, social protection against the risks of job loss, illness or death, and access to social services contrasted with the change suffered by the Gross Domestic Product (GDP) of each country (Mallarino, 2004; Kundariya *et al.*, 2021).

Economic development is defined as the process by which the real per capita income of a country increases, implying, the continuous expansion of generation and accumulation of wealth for society through the introduction of new products or better quality, optimization of production, market creation, conquest of a new source of raw material or semi-finished goods, and the creation or rupture of monopolies (Martin, 2011; Kaur *et al.*, 2021), in addition, high consumption (Reyes, 2001; Tomic; Schneider, 2017).

The Ecological Development can be marked as the insurgency of human and nature rights to maintain the balance of the ecosystem representing those administered against the

³ **Artigo Publicado:** ROSALES MENDOZA, R. R.; LIMA, A.M.; PIMENTEL, M.A.; PONTES, A. N.; ROCHA, E. World development and generation of waste. *Environ Sci Pollut Res* v. 30, n. 1, 14792–14804, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23106-5>.

ruling system (Serrano, 2020). The discussion on ecological development is strengthened with the conceptualization of environmental deterioration and damage, a consequence of the impact of greenhouse gases, the protection of conservation areas, damage to the exercise of economic activities, to the health and integrity of people (Mayorga *et al.*, 2020; Kahn *et al.*, 2022).

In the pretense of this balance, the World Bank since 1990 has generated a series of metrics that have been summarized in the family of World Development indicators; these metrics facilitate the monitoring and follow-up of the commitments acquired by the countries. When using these indicators, it is important to bear in mind that most of them are the product of estimates, it is up to the governments to administer and report to the WB, so some indicators are incomplete (WB, 2021).

Given that the preference of population growth is coexistence in large cities and industrialization have produced one of the biggest transgenerational pollution problems in the world: the generation of urban solid waste. It is important to study how customs and consumption habits compromise the development and lives of the same people who generate waste, especially vulnerable populations (Velásquez, 2011; Costa *et al.*, 2020; Dunel; Barbosa, 2020).

The consumerism generates great amounts of waste, which if controlled would reduce the amount of MSW, mainly in large cities, however, the perception of the implications and impacts indicates that cities suffer regardless of size, inclusive indigenous populations, and with greater intensity the disorderly occupations of informal housing (Silva; Mello 2020; Takenaka, 2020). The disposal and dumping of solid or liquid waste in canals, public roads, banks of streams, rivers, vacant lots, or highways aggravates the situation of contamination and proliferation of diseases (Pereira *et al.*, 2020; Pestana; Ventura, 2020).

This approach to the generation and treatment of solid waste contextualizes several challenges, from the generation at the source, classification, transfer, disposal, and final treatment (Almeida *et al.*, 2013; Franqueto, Delponte, Franqueto, 2019; Struck; Boda, 2021). Thus, the discussion of the generation, management, and treatment of Solid Waste, especially Urban Waste, is affirmed in two positions: in the exponential growth of the population and consumerism, and the latter motivated by purchasing power.

The aforementioned suggests that in countries with stronger Sustainable Development indicators, the best management and treatment practices for MSW (RSU) can be identified, under the assumption that they have managed to develop the best procedures for reducing waste at the source, selective collection, transport, reuse, and reduction of disposable materials in formal and informal deposits.

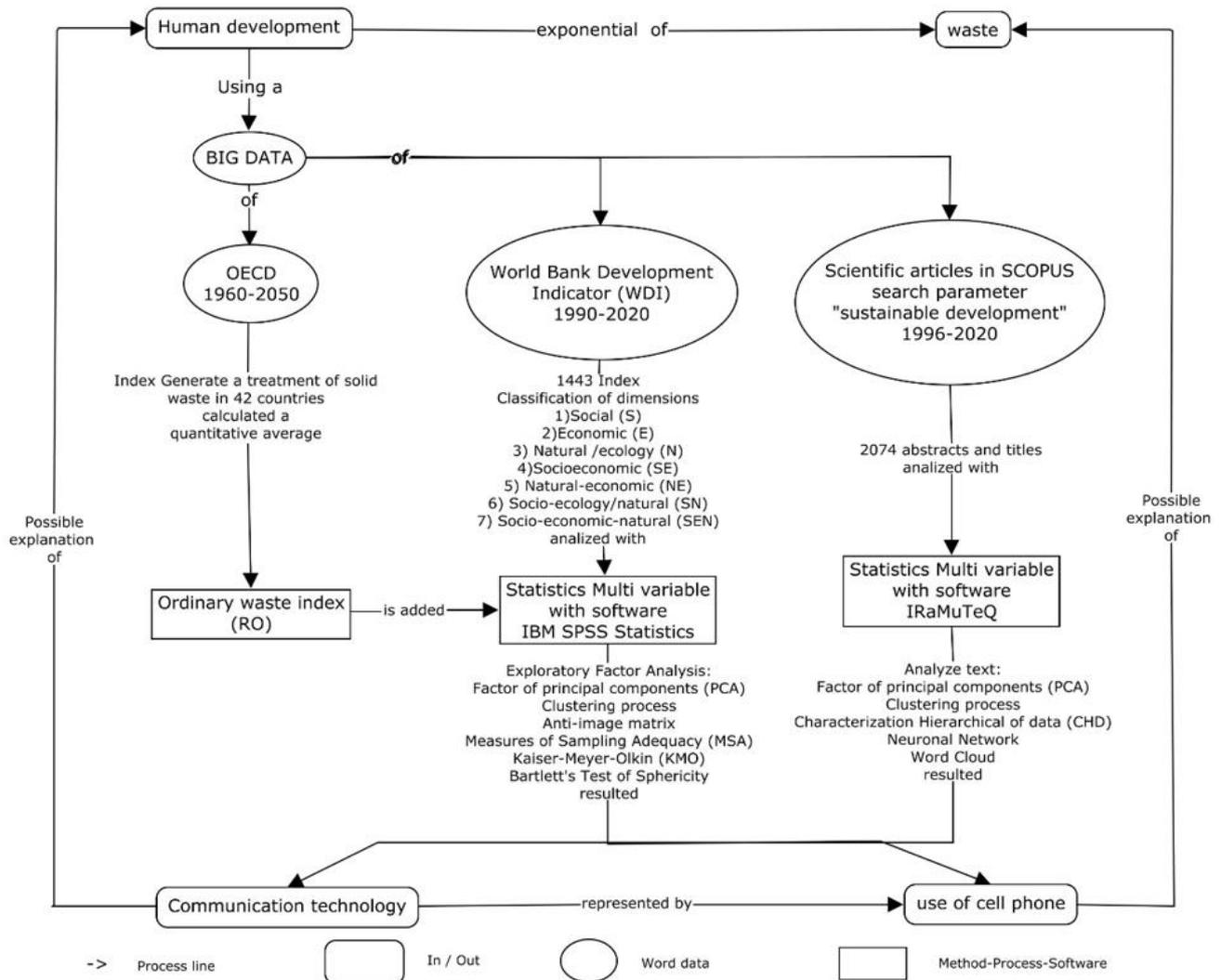
Because it is an extremely broad topic, of multiple interests and of different interacting variables, it is appropriate to apply multivariate statistical analysis for BIG DATA processing. For this purpose, two statistical software were used: The IBM SPSS for quantitative data (Cheol-Heum *et al.*, 2019; Tian *et al.*, 2019) and IRaMuTeQ for the text data (Kiefer, 2021; Kumar *et al.*, 2021; Painter *et al.*, 2021; Romero-Silva; Leeuw, 2021), to facilitate the interpretation of thought evolution environments. The results are used as inputs to reach the knowledge (diagnosis) that serves as a starting point in the creation of solutions related to waste. Therefore, the main objective was to carry out the analysis of the relationship between the consumption of products and the generation of waste, based on the BIG DATA of the World Bank in the decades of 1990–2020, using applied multivariate statistics.

Materials and Methods

This work was carried out, conceptualizing input “keywords”, subsequently, output within oval boxes as shown in Fig. 7. Within the circles, words referring to the world of data and its sources; and in the rectangular boxes: procedures, techniques, and software to which they were subjected.

The data and information contained in the BIG DATA of a) the OECD (2021) regarding the generation and treatment of solid waste in the countries for the period, between 1960 projected to 2050; b) World Bank Development Indicators (WDI) for the period 1990–2020 (WB, 2021); and c) the scientific articles compiled in SCOPUS from 1996–2020 period with the search parameter “sustainable development”. Each data set had a differentiated treatment, gradually the interpretation of the results allowed to extract a product (possible social good), conceptualized by Pierce (1973) in the abductive method of scientific production.

Figure 7 - What global indicator can explain waste generation as a consequence of human development?



Source: Author.

OECD (1960 to 2050)

The OECD data is related to the generation and treatment of solid waste in the countries. The data showed some differences in the indicators of: a) of 0.83 kg equivalent to m^3 per person per year calculated by Arvizu and Huacuz (2003) for the International Institute in Education (IIE); b) 1.08 kg calculated by Bastos (2009); c) 0.96 kg from the National Institute of Statistics and Informatics (INEI) of Peru (2014); d) of 1.989 kg Duke University (2015) cited by SEMARNAT (2015); e) SEMARNAT's own calculation (2015) of 0.990; f) the OECD (2020) of 1.4246 kg per person per day; and g) 1.1095 kg calculated by Paéz (2021) to measure the generation and treatment of solid waste.

The value was adjusted by calculating the simple average (Eq. 6). The adjusted value is named “Ordinary Waste Index” (RO) to be used in future calculations. The identification of the countries in graphics is carried out by adopting the ISO 3166 standard for classification by three digits.

$$\text{Equation 6. } M = \frac{(a+b+c+d+e+f+g)}{N}$$

Where: M = the simple average; N = quantitate; (a to g) are the values of the indicators.

The adjusted metric was related to the population reported in the World Bank database (2020) in base 10^4 , the results are represented per annual ton in the world map using the TABLEAU software, highlighting the first 15 countries with the highest amount of waste generated.

WDI (1990 to 2020)

The World Bank Development Indicators (WDI) database (WB 2021) was accessed to extract the information from 211 countries. The base file generated with the information for the period (1990–2020) received a data normalization treatment; afterwards the average value of the analysis period was calculated.

A new table was created to summarize the 1443 values by country. The variables (indicators) were classified with the use of the concatenate function in the following dimensions - social (S), economic (E), natural (N), socioeconomic (SE), natural-economic (NE), socio-ecological / natural (SN) and Socio- economic-natural (SEN) for follow-up and monitoring.

To understand the interdependencies (correlations) between the variables and identify the structure of the data, the “Exploratory Factor Analysis” is successfully used with the intention of reducing the information to two dimensions called principal components, from which the factorial load can be analyzed.

Furthermore, it allows finding the commonality (h^2), that is, how each variable can be explained by the factors, and finally, reduce the BIG DATA to a manageable quantity (Hair *et al.*, 2009; Akbari *et al.*, 2021; Kjaldgaard *et al.*, 2021).

The IBM SPSS Software was used in the initial exploratory analysis, until finalizing in the analysis of principal components, also, called canonical analysis of factors of principal components (PCA), that identifies the total variance (Eq. 1) with value of 1. The procedure is repeated until the data is reduced to the ideal number of two common factors that will be explained by specific variables (Eq. 2).

The following parameters were applied: rows (countries) with more than 67% of the reported variables were selected and each variable being present in more than 84% of the countries. The data met 95% degree of confidence. The exploratory analysis of reduction of the dimension to two factors was applied, selecting a total of 360 variables completed in 181 countries. The result suggested the reduction to 47 variables identifiable by the weight of significance. From these variables that presented similarity with variables with greater weight were excluded, facilitating the entry of others.

Reaching the reduction to two main component factors, the Software calculates the indicator: 1) determinant, of anti-image matrix (MSA - Measures of Sampling Adequacy); 2) the KMO (Kaiser Meyer Olkin Measure of Sampling Adequacy); and 3) the Bartlett's Test of Sphericity:

1. The determinant of the correlation matrix indicates whether or not it is possible to apply the matrix rotation technique, the value of (0) indicates that it cannot.
2. The MSA reveals normalized values between (0.00 and 1.00) indicating the degree of adjustment of each variable to the factor analysis. Variables with values less than 0.5 are excluded because they do not have a common significance value.
3. The KMO shows the normalized values between (0.00 and 1.00), displaying the proportion of the variance that the variables as a whole present in common or the proportion due to the common factors (Eq. 3). A test with a value less than 0.5 indicates that the data set is not adequate for the use of the technique, the closer a value to 1.0 reveals the appropriateness of applying the technique.

Acceptable values in the range of 0.5 to 1.0 (Hair *et al.*, 1987), preferably higher than 0.8 according to Kaiser e Rice (1977), Table 7.

Table 7 - Qualitative parameters of KMO.

KMO	Score
$0.9 < y \leq 1.0$	Very Good
$0.8 < y \leq 0.9$	Good
$0.7 < y \leq 0.8$	Average
$0.6 < y \leq 0.7$	Reasonable
$0.5 < y \leq 0.6$	Bad
≤ 0.5	Unacceptable

Source: Author.

4. Bartlett, is based on the statistical distribution of "Chi-square (χ^2)" (Eq. 7), tests the null hypothesis (H_0), stating that there is no correlation between the variables.

$$\text{Equation 7. } \chi^2 = - \left[\frac{(n-1)(2p+5)}{6} \right]$$

In $|R|$ with chi squared distribution with degree of freedom: $v = p(p-1)/2$.

Where: n = sample size; p = number of variables; $|R|$ determinant of the correlation matrix. Acceptance decision parameters: determining index (sig.) Close to zero, greater number of values in df and number of rotations of chi squared with chi squared distribution with degree of freedom: $v = p(p-1)/2$

SCOPUS (1996 to 2020)

The discussion is reinforced with "Scientometrics", that is, with the use of the results of qualitative data analysis. "Scientometrics" is based on the quantitative study of scientific activities through production. Among its techniques is creating indicators such as number of publications, authors, citations, on a subject or word under study, facilitating the administration of the data and its interpretation (Maracajá *et al.*, 2021; Silva; Ribeiro, 2021).

With this objective, the R Interface software for the multidimensional analysis of texts and questionnaires (IRaMuTeQ) produced by Ratinaud (2009). It is used with preference, because from the textual data, it allows different forms of statistical analysis and generates graphs such as the neural network and word cloud (Góes *et al.*, 2021).

Using the CAPES Newspaper platform, access was made to the SCOPUS database, through which 2,074 abstracts and titles of scientific articles were obtained from the areas of environmental sciences, social sciences, and energy, related to the phrase "sustainable development". Repeated sources were eliminated, or when the author could not be identified, or it did not contain an abstract, thus leaving 1,872 scientific articles (AC) published in the period (1996–2020).

One of the methods applied in IRaMuTeQ in addition to those mentioned in SPSS, is the JK-META-BIPLLOT, it consists of adding value to the cluster (hierarchical characterization of data (CHD)) by observing the words "more specific or specific", thus, the most used within a given unit of meaning or reference, Eq. 8 (Caballero-Julia *et al.*, 2014).

$$\text{Equation 8. } f_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\max_i} \sqrt{\max_j}}$$

Where: f_{ij} is a row maximum, but not a column maximum, increasing the characterization of the individual (word).

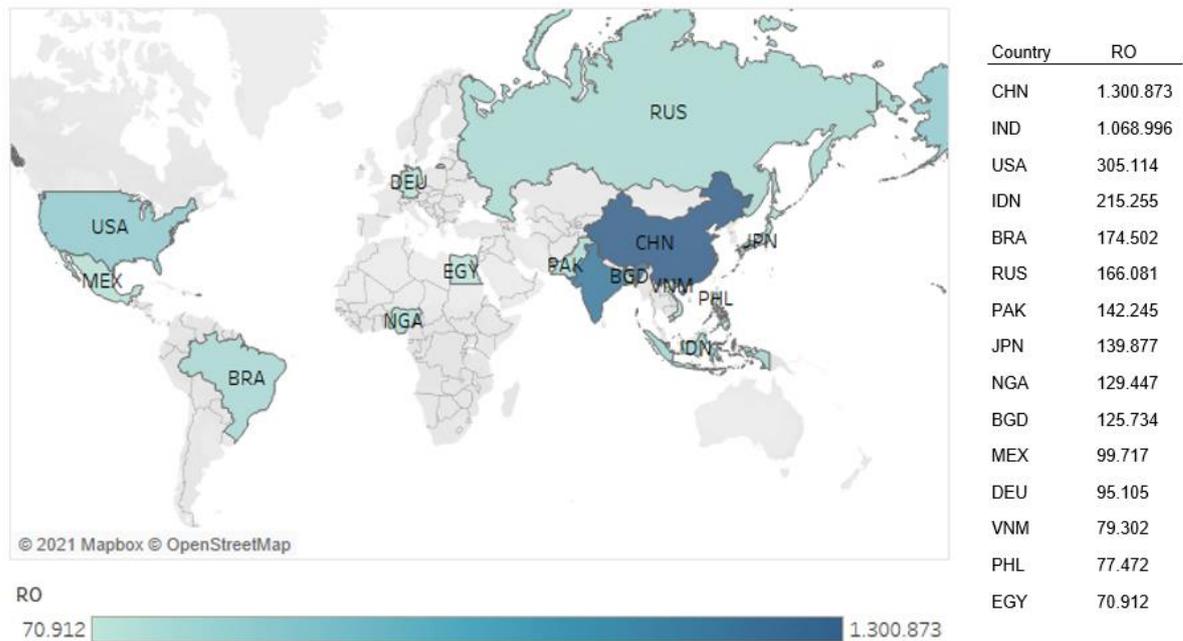
Finally, the comparative analysis "with and without" (Rus, 2021; Tsai, 2021), was used to interpret the results and assess the participation of the variable RO, subsequently, the results of the techniques and quantitative methods with qualitative ones, to extract the product (possible universal good) from the deduction and induction of the results, as proposed by Pierce (1973) and applied by Rosales Mendoza and Mota (2021).

Results and Discussion

Using the adjusted RO with a value of 1.1975 and the average of the population from 1990–2020 (WB 2021), the number of daily tons per country was calculated, the results are shown in Fig. 8.

The list of the fifteen countries with the highest generation and treatment of urban solid waste (GyTRSU) linearly relates the number of the population with consumerism, and consumerism with purchasing power (Silva and Mello 2020; Takenaka 2020). In this statement there is a tacit contradiction related to the number of people and families with purchasing power, since a large part of the population is in a state of socioeconomic vulnerability (Rosales Mendoza and Mota 2021).

Figure 8 - Wasted urban by country Tn/daily.



Source: Author.

The claim of Sustainable Development suggests an equitable approach that could solve current difficulties for the present and future generations, hence the importance of an analysis of the indicators used by the World Bank. In this sense, the adjusted metric of the quantity of production of RO would be useful for follow-up and monitoring of actions in the construction of solutions and public policies, reason why it is important to assess the convenience of its use and its interaction with other metrics (indicators).

The assessment of the competence, relevance, and sufficiency of the use of the metric was carried out using information from the World Bank; the product of the proximity analysis of the data 381 final variables of 181 countries processed in the IBM SPSS Statistics software revealed 99.4 % of validity in the re-scaled Euclidean distance used. The data processing did not discard the variable (RO), on the contrary, it includes it within the seven final variables that help in the construction of the two main component factors. Table 8 shows the results with and without the variable.

Table 8 - Analysis with and without the RO variable.

Indicators		Without RO	With RO	Parameter
Determinant		1.944E ⁻⁵	1.830E ⁻⁷	Best close to zero
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		0.712	0.779	Greater than 0.5
Bartlett's Test of sphericity	Approx. Chi-Square	1921.968	2743.351	Greater amount
	Distance frequency	15	21	Greater amount
	Significancy	0.000	0.000	Close to zero
Communalities Extraction method: Principal Component Analysis (PCA)	N73 ⁽¹⁾	0.268	0.125	Next to one
	ES403 ⁽²⁾	0.951	0.973	Next to one
	ES755 ⁽³⁾	0.934	0.965	Next to one
	ES776 ⁽⁴⁾	0.974	0.987	Next
	ES1122 ⁽⁵⁾	0.909	0.979	Next to one
	S1414 ⁽⁶⁾	0.972	0.978	Next to one
Eigenvalues	Component 1 ⁽⁷⁾	63.076	66.096	Greater amount
	Component 2 ⁽⁸⁾	20.390	19.196	Greater amount
Rotation sums of squared loadings	Component 1	42.049	52.980	Greater amount
	Component 2	83.466	85.292	Greater amount

Source: Author. (1) Agriculture, forestry, and fishing, value added (current LCU), (2) Exports of goods, services, and primary income (BoP, current US\$), (3) Merchandise imports by the reporting economy (current US\$), (4) Cell mobile subscriptions, (5) Primary education, pupils, and (6) Urban population, (7) Component of factor 1 (x-axis), and (8) component of factor 2 (y-axis).

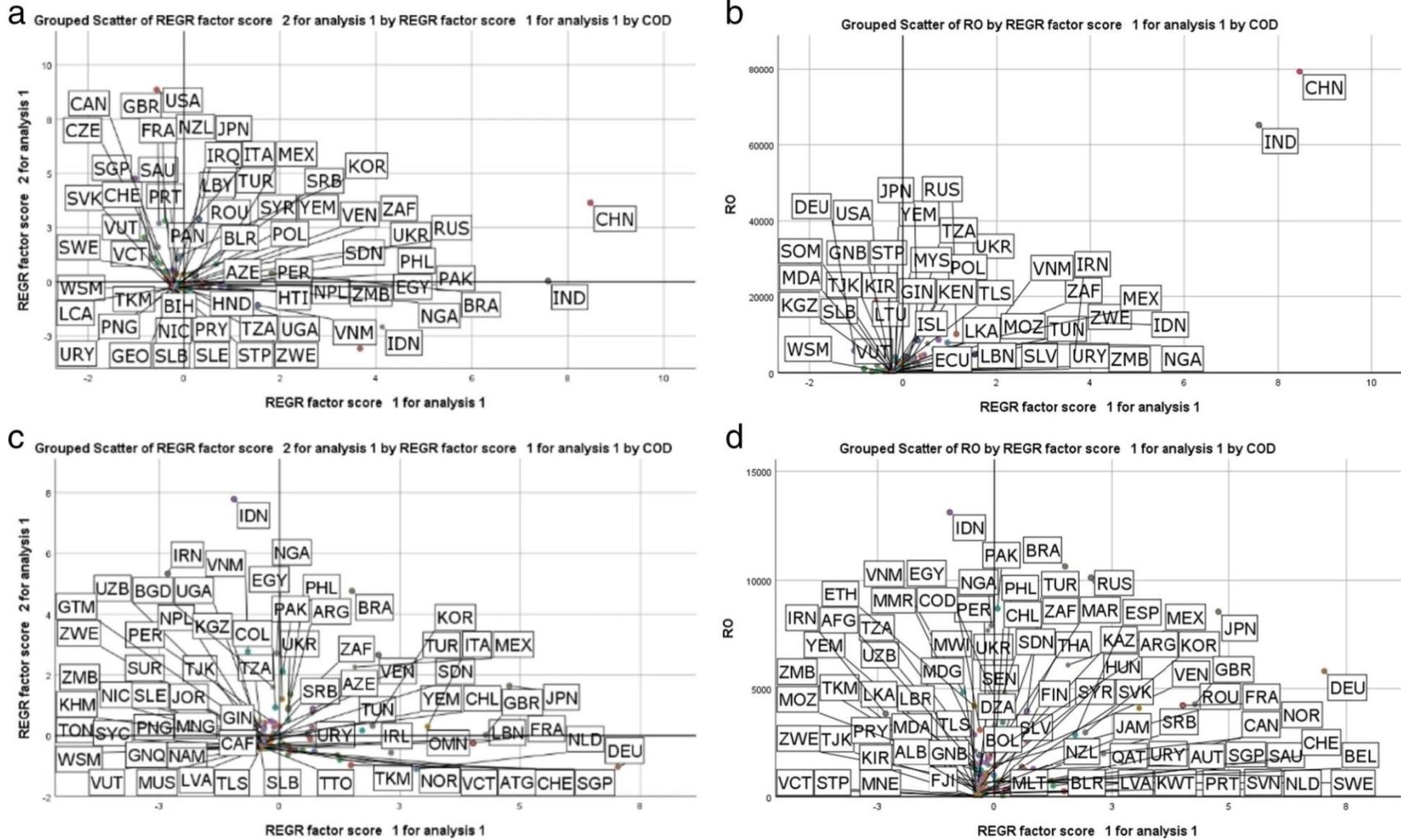
In general, the participation of RO favorably affects the development of the results, except for the decrease in the position of variable N73 from 0.268 to 0.125 in the position of communities. The other variables increased their value, as well as an improvement for the rest of the values. The determining index is closer to zero, the KMO index improved, as did the

number of times of convergence in Bartlett's rotation, the values of Eigenvalues and rotation sums of squared loadings increased their impact and relevance in the study.

Once validity is confirmed, the results of the applied multivariate analysis BIG DATA of the World Bank Development Indicators (WDI) are compared, shown in Figure 9, in column one: the product of component main factors (PCA) figs. 9a and 9c without the participation of the variable of RO and in column two including the variable RO, figs. 9b and 9d; in row one the analysis is carried out with all the countries figs. 9a and 9b and in line two excluding the participation of China, India and the United States of America figs 10c and 10d.

Looking at column one Fig. 9a it is observed by distance as the countries of China (CHN), India (IND) and the United States of America (USA) stand out, when they are excluded to obtain a better view of a second group Fig. 9c the countries of Japan (JPN), Brazil (BRA), Indonesia (IDN), Ireland (IRN) and Germany (DEU) are already noted, the third group for the rest of the countries. In column two, when comparing the main components factor (x-axis) with the study variable RO (y-axis) in Fig. 9b highlight CHN and IND, countries disappearing USA, and in Fig. 9d remain in the second group IDN, BRA, JPN and Russia (RUS), United Kingdom (GBR) and France (FRA) appear, disappearing from view IRN and DEU. The RO values (y-axis) are from more than one to 80,000 tons accumulated on average per year per country.

Figure 9 - The World Bank Development Indicators (WDI) / RO.



Source: Author.

China and India differ in their productive structure; however, they share the position of the greatest polluters in the international community (Oliva 2014). In China the electricity sector is considered the main contributor to climate change, air pollution and responsible for 15% of the country's electricity generation, however, this sector contributes less than 1% of total emissions of carbon dioxide (CO₂), nitrogen dioxide (NO₂) and dry carbon dioxide (SO₂) (Wang *et al.*, 2021).

Considering it was projected that China would produce by 2020 more than 30% of the global emissions of Greenhouse Gases (GHG), due to the Neo-Malthusian model of increasing the intensive use of technological devices, modernization of agriculture and the preferential consumption of national products, the value of minus 1% in GHG emissions is notorious (Perdomo 2016). And India, aware of the contribution of emissions emanating from large hydroelectric reservoirs, has generated a series of mitigation measures in sustainable planning (Zhi-Guo *et al.*, 2021).

CHN and IND conditions are not distant from the rest of the countries that make up the G20, nor from the countries that are outside this development classification. An early interpretation of the results leads to think that effectively the generation of waste is directly related to the growth of the world population (Silva and Mello 2020; Takenaka 2020), however, the disappearance of the USA in Fig. 9b and IRN together with DEU and the appearance of other countries in Fig. 9d allows to question that premise.

Such appearance and disappearance could be related to the electronic waste collected to be recycled in developed countries, are simply sent to other developing countries, where the "cost" of treatment is much lower (Natume and Sant-Anna, 2011).

The results of the seven main dependent variables that make up the basis of the two main component factors are detailed in Table 9, going forth with the analysis of without and with RO, reading these variables can help to better understand what happens in the world.

These variables in order of importance (results with RO) are: 1) Cell mobile subscriptions (ES776); 2) Urban population (S1414); 3) Ordinary waste index (RO); 4) Imports of merchandise by the declaring economy in US \$ currency (ES755); 5) Elementary education, students (ES1122), Exports of goods, services and primary income, balance of goods of people, in US \$ currency (ES403); and 6) Agriculture, forestry and fishing, current added value LCU (N73). There is no difference between the socioeconomic variable ES776 and the social variable S1414, both have the same weight of 0.975 in relation to the multivariate component.

Table 9 - Indicators.

Code	Description	Without		With	
		1*	2**	1*	2**
ES403	Exports of goods, services, and primary income (BoP current US\$)	0.101	0.508	0.816	-0.513
ES755	Merchandise imports by the reporting economy (current US\$)	0.782	-0.529	0.831	-0.497
ES776	Cell mobile subscriptions	0.782	-0.568	0.975	0.050
ES1122	Primary education, pupils	0.800	0.519	0.610	0.678
S1414	Urban population	0.970	0.174	0.975	-0.021
N73	Agriculture, forestry, and fishing, value added (current LCU)	0.101	0.508	0.263	0.705
RO	Ordinary wasted			0.947	0.216

* Relationship with the component of factor 1 (x-axis).

** Relationship with the component of factor 2 (y-axis).

Source: Author

Apparently the first variable of urban population concentrations explains world development (Silva and Mello 2020; Takenaka 2020). However, the second variable with equal weight generates a series of uncertainties regarding from: who, where, why and to how many cellular mobile service subscriptions a person can have, in addition, it does not guarantee that people have purchasing power, due to access to services and requirements to operate on a day-to-day basis, making it a requirement rather than a necessity. Many people live in debt for acquiring a state-of-the-art cellular device; another condition is access to the signal (Aguiar *et al.*, 2014; Rodríguez *et al.*, 2020).

The ES776 variable, as well as the ES403, the ES755 and even the ES1122 are all closely intertwined, the subscription of the mobile service is a variable worthy of study, because it includes the trace of the developmental history of humanity, since the discovery of energy through the development of technology and its intrinsic relationship with ordinary waste.

Going deeper and to obtain a representation of the countries before these variables, the analysis of characterization/hierarchical classification (CHD) of main components applied to the independent variables (countries) was used. The use of this technique was helpful because by grouping the participants it facilitates interpretation from the cluster and infers in the total study population (Niño, 2020).

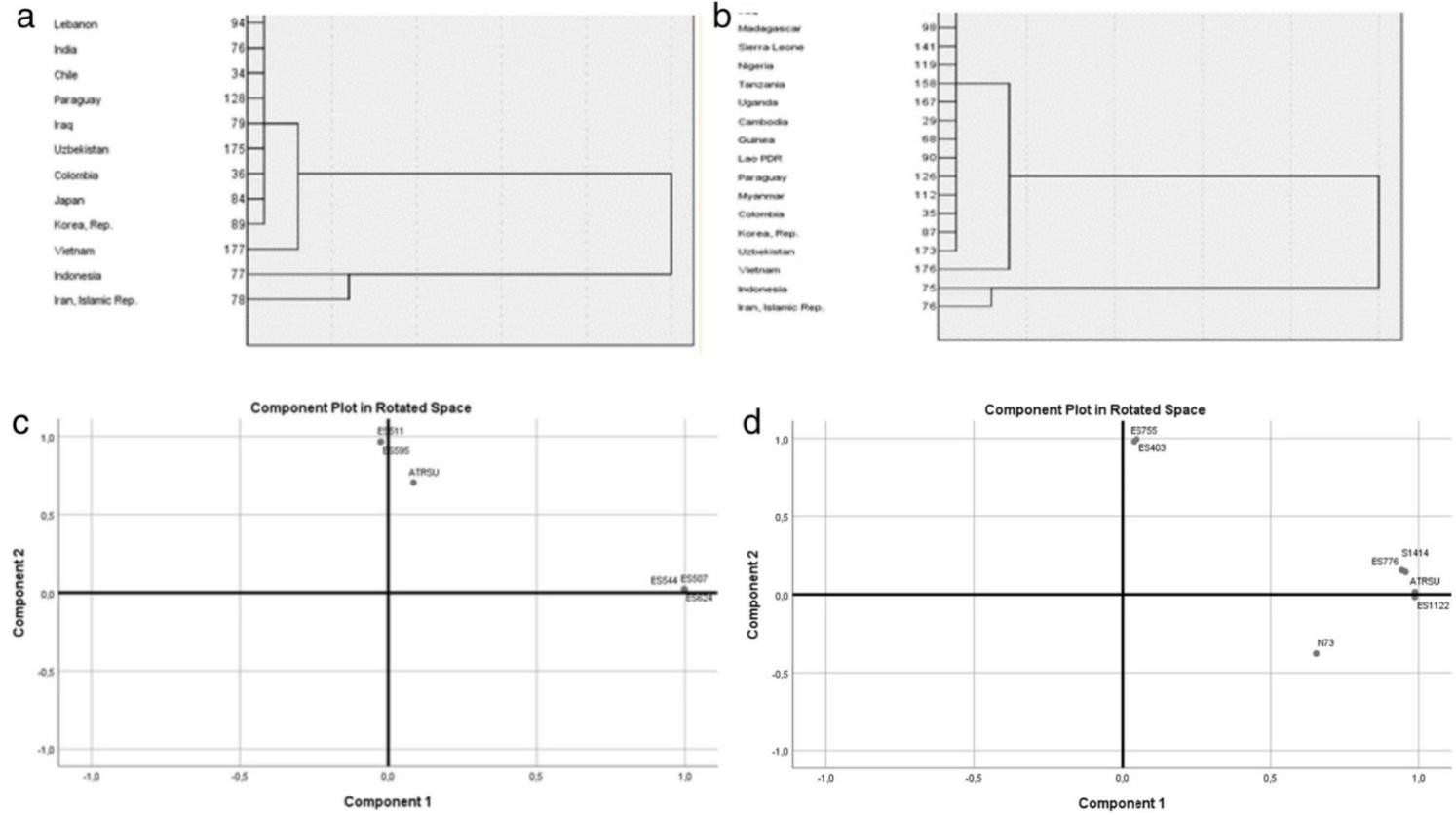
In the first Fig. 10a it shows the result of the analysis without RO, the product of four main clusters, the first formed by Colombia (COL), Japan (JPN), Republic of Korea (KOR), Vietnam (VNM), Indonesia (IDN) and Iran is added to the second, Uzbekistan (UZB) and Iraq (IRQ) are added to the third, and the fourth cluster includes the rest of the countries. In Fig. 10b includes RO, the four main clusters are made up of Paraguay (PRY), Myanmar (MMR), COL, KOR, UZB, VNM, IDN, the second cluster adds Lao (LO), Guinea (GIN), Cambodia (KHM), Uganda (UGA) and Tanzania (TZA), the third adds Iran (IRN), and the fourth the rest of the countries. Figures 10c and 10d show the position of the main component variables without and with RO respectively.

The countries that maintain their presence in the main group final product of the analysis correspond to Colombia, Republic of Korea and Vietnam. In Colombia, efforts have been made to reach remote territories and rural areas with technology as part of the fulfillment of the SDGs through programs such as Digital Social Inclusion and WIFI Zones (Cervera-Quintero, 2021).

In Korea, efficiency in the use of renewable energy is the basis for GHG reduction, strengthened by the implementation of public policy based on the use and protection of natural resources (Sosa, 2020); and in Vietnam the trade war between the USA and CHN has caused large technology firms to increase their manufacturing operations in that country (Reyes-López, 2020); another aspect that may favor development also as a result of the trade war is the diversion of CHN's global supply chain, despite global supply chain disruption, the post-pandemic Vietnamese economy may accelerate if countries such as the USA, JPN and the European Union divert the CHN supply chain and place it in VNM.

Thus, it makes sense to reduce the main component factors to the seven variables. Subscription to cellular technology services represents a wealth of information that allows us to explain the evolution of world and country development. The results of the analysis of textual data of the world development indicators compared with scientific articles with gold classification in the SCOPUS database and access through the CAPES Newspaper platform are displayed in Fig. 5, in column one indicators World Bank Development Committee (IDWB) and in column two 2074 Scientific Articles (AC) from 1996 to 2021.

Figure 10 - Characterization Hierarchical of data (CHD)/PCA position without and with RO.



Source: Author.

The results of the analysis of textual data of the World Development Indicators compared with scientific articles with gold classification in the SCOPUS database and access through the CAPES Newspaper platform are displayed in Fig. 12, in column one indicators World Bank Development Committee (IDWB) and in column two 2074 scientific articles (SA) from 1996 to 2021.

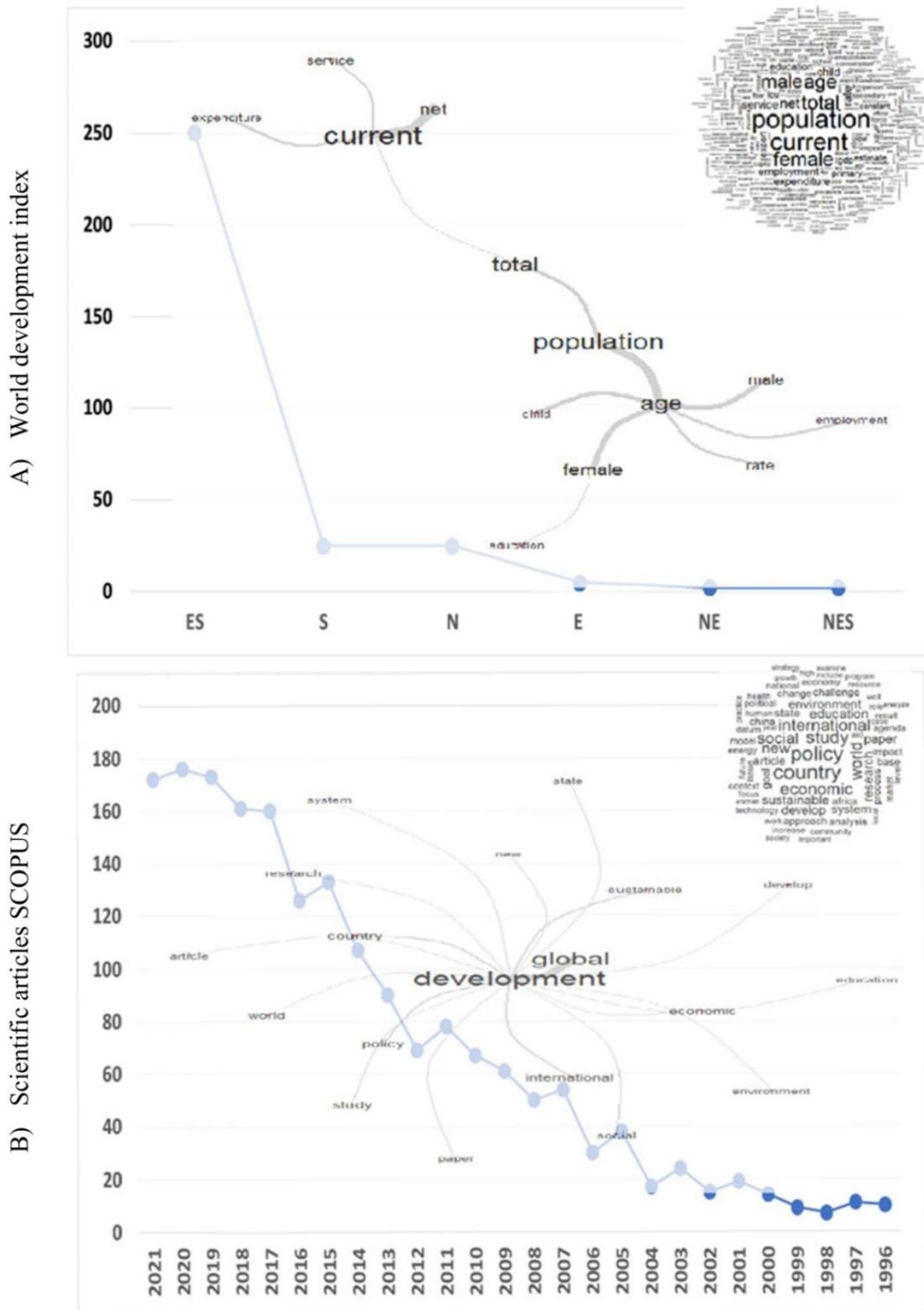
The supremacy of indicators related to socioeconomic aspects about the other indicators confirms the results of the quantitative analysis of the seven main components, of which five are identified as ES, which is proportionally valid. The scientific work represented in the graph even though, in the last year the number of articles decreased from 176 to 172, reveal the commitment and growing concern of the scientific community in addressing the issue of world Sustainable Development and of the countries.

Neural networks and word clouds emphasize population, trade, development, education, control characterizing the reality of the Anthropocene, the imposition of humanity on nature (Milton *et al.*, 2021; Palmer *et al.*, 2022). Searching in the results for some word that is related or characterized with the subscription to the cellular service, almost invisible in Fig. 11 the word technology appears.

This word also contains the evolution of world development and countries; its link with waste also makes sense, for example, the production of the cellular devices has undergone several radical changes over time, both in cost, models, shapes, figures, capacity, durability, etc. Its acquisition reveals an adjustment of the service to the population without neglecting the ability to pay.

The result of the comparison of the neural network and word cloud between the world development indicators (WDI) and the scientific contributions, shows an agreement in the socioeconomic approach, with specific observations with the growth of the population, financial transactions, education, and even placing the female gender in the focus of its rights, in such a way that the related indicators are apparently biased in their favor. In scientific production, environmental issues appear that begin to shape public policy and interrelationships of countries, as the way to guarantee a healthy environment for the present generation as well as for future ones, facilitated by the development of communication technology.

Figure 11 - Comparative analysis (A) WDI (1990–2020) versus (B) AC SCOPUS (1996–2021).



Source: Author.

Conclusions and Recommendations

The cellular service subscriptions index confidently reveals world development, in addition, if it can be named, a natural socioeconomic catalyst due to its interaction with the components of sustainable development; related to waste it also plays an explanatory role, as for its acquisition or “not”, reveals access to social services such as education, infrastructure, health and security. On the other hand, it leaves a doubt that the amount of solid waste is correlated to purchasing power, given the fact that many people have more than one subscription and others do not have purchasing power, but with a need created for technology, they even go into debt to be able to buy a device.

Although the production of waste is not correlated to the subscription of cellular service, it is to the silent imperialism of access to social services; an Anthropogenic flag of conquest, strengthened by international agreements and treaties that, assisted by technology, reaffirm once more.

For future calculations related to solid waste, the use of the Ordinary Waste Index (RO) generation metric (index) of 0.75 kg per person per day, equivalent to 0.75 m³, is recommended. This metric adjusts the predecessor values in quantity as in concept. In concept, because the generation of solid or liquid waste does not guarantee its adequate management and treatment, as it is intended to be included in the name of Management and Treatment of Solid Urban Waste. It only reveals the reality of the production for its monitoring and follow-up, in addition, it is proposed that the product of multiplying the number of the country's population by OR be incorporated into the list of development indicators of the World Bank.

Purchasing power does not encourage consumption as much as the access to energy, because different benefits come along with it, especially health, education, communications, transportation. Therefore, it is important when building solutions that favorably affect the present and future generations and the reuse of materials contained in waste, everything must be part of the circular economy, social and solidarity.

The results of data analysis of the World Bank development indicator, data in the IBM SPSS Statistics and IRaMuTeQ software with the participation of the RO index, facilitate the understanding of the current state, which is a starting point for the construction of solutions, it is recommended to include the metric within the World Bank family of development indicators because it makes visible the impact of access to goods and services versus the impact on nature.

The management (administration) and treatment of solid waste is a situation of global impact and can be resolved with strategic alliances of public-private partnerships, avoiding

private monopolization, and promoting the initiatives of non-profit organizations being funded through international banks. Its monitoring and follow-up require making quantitatively visible the different actions that are carried out, in this regard, deepening the study of the cellular service subscription indicator could be the vehicle that leads to making visible the impacts produced on nature, society and the economy. In addition, it facilitates the construction of a healthy management of the materials contained in solid waste, optimizing its use.

References

- AGUIAR, F. H. O.; BARRICHELLO, A.; MORANO, R. S.; SILVA, D. L.; OLIVEIRA, G. M, SEABRA, V. B Do evaluation of the usability of mobile phones in the Brazilian market: does gender, age, schooling and family income have any influence? *Revista de Administración IMED*. v. 4, n. 2, p. 144–160, 2014. <https://doi.org/10.18256/2237-7956/raimed.v4n2p144-160>
- ALMEIDA, R. N.; PEDROTTI, A.; BITENCOURT, D. V.; SANTOS, L. C. P. The problem of municipal solid waste. *Scientific Interfaces - Health and Environment*, v. 2, n. 1, p. 25–36, 2013. <https://doi.org/10.17564/2316-3798.2013v2n1p25-36>
- CABALLERO-JULIA, D.; VICENTE, M. P.; GALINDO, M. P. Discussion groups and HJ-BiPlot a new form of textual analysis. *Iberian Journal of Information Systems and Technologies*, v. E, n. 2. 19–36, 2014. <https://doi.org/10.17013/risti.e2.19-35>
- CARVALHO, A; FERREIRA, V.; MATOS, A. R. Ontology of the anthropocene: climate crisis, socio-political responses and emerging technologies. *Sociological Forum*, v.1, n. 38, p. 5–13, 2021. <https://doi.org/10.4000/sociologico.9693>
- CERVERA-QUINTERO, J. Internet connectivity in Colombia and its relationship with the Sustainable Development Goals (2015–2020). *Science and Air Power*, v. 16, n. 1. 39–54, 2021. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.705>
- CHEOL-HEUM, P.; CHUNG, K. J.; KIM, T. G.; LEE, J. H.; KIM, I. K.; KIM, Y. H. Big data statistical analysis of facial fractures in Korea. *Journal Korean Medicine Sciences*, v. 35, n. 7. 1–12, p. 2020. <https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e57>
- COSTA, A. C. From inconvenient truth to enough: cosmo anthropocene policies. *Electronic Journal of Philosophy*, v. 18, n. 1, p. 37–49, 2021. https://doi.org/10.23925/1809_8428.2021v18i1p37_49.
- COSTA, A. R. S.; SILVA, R. C. P.; JUCÁ, J. F. T.; EL-DEIR, S. G. Application of ecological footprint in the management of municipal solid waste through analysis of main components: study of the city of Recife/Brazil. *Magazine AIDIS Engineering and Environmental Sciences: Research, Development and Practice*, v. 13, n. 2, p. 320–333, 2020. <https://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.2.67115>

DUNEL M. P.; BARBOSA, C. F. T. Evaluation of the thermal performance of a Social Interest Housing (SIH) with ecological brick masonry produced with urban solid waste stabilized in a tropical climate to replace the use of traditional building materials. *In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/410/1/012110/pdf>. Acesso em: 3 de setembro de 2020.

FRANQUETO, R.; DELPONTE A. A.; FRANQUETO R. Study of the recycling process and the management of municipal solid waste in a municipality of Paraná/Brazil. *Environment and Sustainability Notebook*, v. 15, n. 8, p. 24–29, 2019. Disponível em: <https://cadernosuninter.com/index.php/meioAmbiente/article/view/1252> acesso em 2 de janeiro de 2020.

GUTIÉRREZ, M. R. C. The conceptual references of social development. *Ixaya Revista Universitaria de Desarrollo Social*, v. 1, n.1, p. 39–55, 2011. Disponível em: <https://revistaixaya.cucsh.udg.mx/index.php/ixa/article/view/3378> acesso em 6 de fevereiro de 2020.

KAHN, S.; ANJUM. R.; RAZA, S. T.; BAZAI, N. A. Ihtisham, M. Technologies for municipal solid waste management: current status, challenges, and future perspectives. *Chemosphere* v 288, n. 1, p. 1-15, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132403>

KAUR, P.; KAUR, G. J.; ROUTRAY, W.; RAHIMI, J.; NAIR, G. R.; SINGH, A. Recent advances in utilization of municipal solid waste for production of bioproducts: a bibliometric analysis. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, v. 4. 100164, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.csee.2021.100164>

KEONG, C. Y. Global Environmental Sustainability, *Elsevier*, 368 p. ISBN 9780128224199, 2021, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822419-9.00001-1>

Kiefer, S. CaSE: Explaining Text Classifications by Fusion of local surrogate explanation models with contextual and semantic knowledge. *Information Fusion*, v. 77, n. 1. 184–195. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2021.07.014>

KUMAR, S.; KAR, A. K.; ILAVARASAN, P. V. Applications of text mining in services management: a systematic literature review. *International journal of information management data insights*, v. 1, n. 1. 1–14, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2021.100008>

KUNDARIYA, N.; MOHANTY, S. S.; VARJANI, S.; NGO, H. H.; WONG, J. W. C.; TAHERZADEH, M. J.; CHANG, J. S.; NG, H. Y.; KIM, S. H.; BUI, Z. T. A review on integrated approaches for municipal solid waste for environmental and economical relevance: monitoring tools, technologies, and strategic innovations. *Bioresour Technol* v 342:125982, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.biotech.2021.125982>

MALLARINO, C. U. Desarrollo social y bienestar. *Universitas Humanística*, [S. l.], v. 58, n. 58, 2004. Disponível em: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/univhumanistica/article/view/9509>. Acesso em: 24 outubro 2021.

MARTIN, P. C. Economic policy: economic growth, economic development, sustainable development. *International Review of the Economic World and Law*, v. 3, n. 1, p. 1–12, 2011. Acesso em 1 de Janeiro de 2020.

MAYORGA, B. C. P.; BANDERAS, F. J. C.; CASTRO, D. E. H.; ORTIZ, M. A. S. The rights of nature, the reparation of environmental damage and prevention. *University and Society Magazine*, v. 13, n. 2, p. 276–282, 2021. Acesso em setembro de 2020.

MILTON, S. J.; RICHARD, W.; DEAN, J. Anthropogenic impacts and implications for ecological restoration in the Keroo, south Africa. *Anthropocene*, v. 36, n. 1. 1–14, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2021.100307>

MURA, R. From sustainability to sustainability, a model of sustainable development for its implementation in policies and projects. *School of Business Administration Magazine*, v. 78, n. 1, 4054, 2015. Acesso em 7 de novembro de 2020.

NATUME, R. Y.; SANT-ANNA, F. S. P. Electronic waste: a challenge for sustainable development and the new National Solid Waste Policy Law. *In: 3 international workshops cleaner production initiatives and challenges for a sustainable word*, 9 p, 2017. Acesso em 9 de novembro de 2020.

NIÑO F. A. P. Introducción al análisis clúster: una aplicación en la clasificación de campos petroleros. *Industrial University of Santander*, 26 p, 2020. Acesso em 7 de novembro de 2020.

OECD. Municipal waste (indicator). 2021. <https://doi.org/10.1787/89d5679a-en> Acesso em 05 setembro de 2021

OECD, Organization for Economic Co-Operation, and Development, Stat (2021) <https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=MUNWandlang=en> Acesso em 7 de setembro de 2021.

OLIVA, M. *China and India: path dependency when thinking about sustainable development strategies*. 61 f. (Master) International relations and negotiations. University of San Andrés / University of Barcelona, 2014.

PALMER, C. G.; FRY, A.; LÍBALA, N.; RALEKHETLA, M.; MTATI, N.; WEAVER, M.; MTINTSILANA, Z.; SCHERMAN, P. A. Engaging society and building participatory governance in a rural landscape restoration contex. *ANTHROPOCENE*, v.1, n. 37. 1–14, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2022.100320>

PAYNTER, R. A.; FEATHERSTONE, R.; STOEGER, E.; FIORDALISI, C.; VOISIN, C.; ADAM, G. P. A prospective comparison of evidence synthesis search strategies developed with and without text-mining tools. *Journal of Clinical Epidemiology*, v.5 n.1, p. 14–59, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.03.013>

PERDOMO, J. Challenges of sustainable development in China for the XXI Century, a multidimensional vision. *ResearchGate*, 35 p., 2016. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4827.4327>

PEREIRA, C. S.; ALMEIDA, B. L. N.; RODRÍGUES, M. O. S.; DIOGO, M. L. S. A.; BARROS, C. L. S. Identification of environmental impacts caused by the release of solid and liquid waste in the Itapecuru River. *Nature and Conservation*, v. 13, n. 2, p. 58–66, 2020 <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.002.0006>

PESTANA, L. O. B.; VENTURA, K. S. Evaluation of the disposal of solid waste in the urban environment. Case study: ZOEMI-APOC zone of Araraquara/SP. *Environmental Forum*, v. 16, n. 1, p.114–130, 2020. Acesso em 5 de fevereiro de 2021.

QUDRAT-ULLAH, H.; NEVO, C. M. The impact of renewable energy consumption and environmental sustainability on economic growth in Africa. *Energy Reports*, v. 7, p. 3877–3886, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.05.083>

REYES, G. E. Main theories on economic and social development. *Nómadas*, v.1, n.1, p. 1–23, 2001. <https://www.redalyc.org/artigo.oa?id=18100408>

REYES-LÓPEZ, M. M. Vietnam 2020: a year with few successes, many challenges and uncertainty. *Asia Pacific Yearbook*, v. 1 n. 20. 1–24, 2021. <https://doi.org/10.24201/aap.2021.323>

RODRÍGUEZ, A. V. G.; CONTRERAS, L. V.; MONTEVERDE, G. G. Living with phone and partner. Uses of the cell phone in high connectivity environments. *Iztapalapa Journal of Social Sciences and Humanities*, v. 41, n. 89. 151–181, 2020. <https://dx.doi.org/10.28928/ri/892020/aot3/gonzalezav/velazquezl/grijalvag>

ROMERO-SILVA, R.; LEEUW, S. Learning from the past to shape the future: a comprehensive text mining analysis of OR/MS reviews. *Journal Omega*, v. 100, n. 1. 1–26, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102388>

ROSALES MENDOZA, R. M.; MOTA, M. A. S. *Monetary assessment of the damage caused by heavy rains in the cities of Belém do Para Brasil and Carrillo de Guanacaste, Costa Rica*. EPTEC, ed. 1, 72 p, 2021.

SALITE, D.; KIRSHNER, J.; COTTON, M.; HOWE, L.; CUAMBA, B.; FEIJÓ, J.; MACOME, A. Z. Electricity access in Mozambique: A critical policy analysis of investment, service reliability and social sustainability. *Energy Research and Social Science*, v. 78, 2021, 102123. 2214–6296. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102123>

SERRANO, A. S. The historic (re)insurgency of people's human rights and rights of nature in Latinamerica: a jusmaterlist challenge to the iusnaturalist and positivist ideology of the bourgeoisie. *Nullius*, v. 2, n. 1, p. 1–14, 2020. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/revistanillius/article/view/2803>

SILVA, L. B.; MELLO, A. The legal, social and economic aspects of solid waste management: opportunities and challenges. *Journal Contributions to the Social Sciences*, v.1, n.1, p.1–14, 2020. <https://www.eumed.net/rev/ccss/2020/06/residuos-solidos.html>

SOSA, M. A. Growth and ecology: the case of south Korea. *International Review of Living Wages*, v. 2, n. 3, p. 49–64, 2020. <http://revistasinvestigacion.lasalle.mx/index.php/OISAD/article/view/2865/2715>

STRUK, M.; BODA, M. Factors influencing performance in municipal solid waste management – A case study of Czech municipalities. *Waste Management*, v. 139, n. 1. 227–249, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.09.22>

TAKENAKA, E. M. M. Urban waste and environmental health: a historical approach in the municipality of Presidente Prudente/SP. *Colloquium Socialis*, v.4, n. 2, p. 92–101, 2020. <https://doi.org/10.5747/cs.2020.v04.n2.s097>

TIAN, M.; PU, B.; CHEN, Y.; ZHU, Z. Consumer's wasted classification intention in China: an extended theory of planned Behavior model. *Sustainability*, v. 11, n.1. 1–18, 2019. <https://doi.org/10.3390/su1146999>

TOMIC, T.; SCHNEIDER, D. R. Municipal solid waste system analysis through energy consumption and return approach. *Journal of Environmental Management*, v. 203, n. 1. 973–987, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envman.2017.06.070>

VELÁSQUEZ, R. P. The life of consumption or the social life that is consumed: appreciations on the ideal typology of consumerism of Zygmunt Bauman. *Political Studies*, v. 1, n. 29, p. 115–127, 2011. Acesso em 3 de março de 2020.

VYAS, S.; PRAJAPATI, P.; SHAH, A. V.; VARJANI, S. Municipal solid waste management: dynamics, risk assessment, ecological influence, advancements, constraints and perspectives. *Science of the Total Environment*, v. 814, n. 152802, 2022. <https://doi.org/10.106/j.scitotenv.2021,152802>.

WANG, M.; YAO, M.; WANG, S.; QIAN, H.; ZHANG, P.; WANG, Y.; SUN, Y.; WEI, W. Study of the emissions and spatial distributions of various power-generation technologies in China. *Journal of Environmental Management*, v. 278, n. 1, 111401, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111401>

WORLD BANK (WB) Family of World Development Indicators. 2021. <https://databank.bancomundial.org/source/world-development-indicators#> acesso em: 10 de janeiro de 2022.

ZHI-GUO, A.; YU, A. K.; KLEMEŠ, J. J.; BOKHARI, A. A state-of-the-art review of greenhouse gas emissions from Indian hydropower reservoirs, *Journal of Cleaner Production*, 128806, ISSN 0959–6526, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128806>

CAPÍTULO III RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM (RMB-PA), CATADORES E OS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ⁴

Introdução

A geração de resíduos sólidos urbanos cresce numa relação de 0,96 kg/dia por pessoa no planeta terra, cifra fortemente relacionada com o acesso aos serviços públicos que fornecem as condições ótimas para o uso da tecnologia, mostra disso é o uso do serviço celular ícone do desenvolvimento da humanidade (Rosales Mendoza *et al.*, 2023). O acúmulo de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerado torna-se um dos grandes problemas de poluição do meio ambiente e das relações entre as pessoas ao nível de municipal, regional, e até entre os países.

Na idade média o insuportável costume de descarte de resíduos nas cidades provocou o desenvolvimento do ordenamento sanitário baseado no bio-ordenamento, a legislação forneceu uma solução as cidades com a obrigatoriedade de trasladar os resíduos para longe, na área chamada de vertedouro (Neila, 2011). Nas áreas rurais o tratamento dos resíduos era tratado com queima e pela escavação de fossas sumidouros, estas últimas usadas com menor frequência devido às diferentes enfermidades geradas pela decomposição (Martín, 2013).

A crescente urbanização e a industrialização da sociedade têm gerado a produção de RSU em grande escala, constituindo a proliferação destes, um problema a nível mundial (Costa *et al.*, 2020; Dunel; Barbosa, 2020). O panorama histórico revela a influência da desigualdade social na qualidade ambiental urbana, gerando a movimentação e participação cidadã para exigir soluções aos governos, assim, cresce a preocupação por encontrar soluções para sua administração e tratamento (Conceição *et al.*, 2020; García; Portugal, 2020).

As implicações no meio ambiente são consideráveis, o impacto atinge as condições sociais, econômicas e naturais. A administração dos resíduos vem sendo debatida nas conferências internacionais, formando parte da abordagem da redução dos Gases Efeito Estufa (GEE), de gerenciamento dos Mecanismos de Desenvolvimento Sustentável (MDL), e inclusive como parte do mercado de carbono, além disso, a abordagem está em conformidade com os Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM), enquanto, atinge a redução da pobreza, a saúde e a inclusão social (Anjos; Souza, 2020; León *et al.*, 2020).

⁴ ROSALES MENDOZA, R.; LIMA, A. M. M. Resíduos sólidos urbanos, catadores e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. *Revista URBE Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 2023. (submetido).

A abordagem dos RSU se contextualiza nos desafios antropogênicos, desde a classificação, o tratamento em lixões (vazadouros a céu aberto), aterros sanitários, incineração, compostagem, biogásificação e reciclagem (Almeida *et al.*, 2013; Franqueto, Delponte; Franqueto, 2019). Ademais, dos impactos ambientais provocados pelo descarte e lançamento de resíduos sólidos e líquidos em córregos, vias públicas, terrenos baldios, cantos de ruas e beira de canais (Pereira *et al.*, 2020; Pestana; Ventura, 2020).

A percepção das implicações e os impactos indicam que estes atingem as cidades independentemente do tamanho, e com certeza com maior intensidade nas ocupações desordenadas. As populações indígenas já apresentam dificuldades pela mesma situação associada ao descarte de resíduos sólidos, afetando a saúde ambiental e gerando conflitos entre as comunidades (Silva; Mello, 2020; Takenaka, 2020).

Nas grandes cidades os especialistas concordam que o manejo dos resíduos sólidos de serviço de saúde (hospitalares) precisa de um tratamento diferenciado. Estes não devem ser parte da coleta, nem da destinação final dos RSU (Gomes; Silva 2020; Menezes; Situba 2020). O mesmo, se aplica aos provenientes de construção e demolição, razão pela qual o descarte desta forma é irregular (Mendes *et al.*, 2020; Tavares *et al.*, 2020).

Diante as situações expostas, os governos têm assinado acordos na procura do desenvolvimento sustentável. Desde 1996 o Programa Meio ambiental das Nações Unidas define a gestão dos resíduos sólidos como uma estrutura de referência para arquitetar novas propostas dos sistemas, dentro da ótica dos processos de melhoria contínua, auxiliando a problemática urbana (Aguiar *et al.*, 2021).

A normativa no Brasil fornece ferramentas valiosas na criação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, no mesmo se estabelecem instrumentos para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, conferindo o planejamento a ser estabelecido mediante articulação entre as diferentes esferas do poder público com o setor empresarial, com vistas à cooperação para atendimento dos objetivos estabelecido no art. 9º da Lei, respeitando a ordem de prioridade de ações (não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos), ressaltando a possibilidade de adoção de tecnologias e à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos (MMA, 2020).

O cumprimento da normativo do país na Região Metropolitana de Belém do Pará (RMB), pode ser observado a partir das informações sobre resíduos sólidos obtidas: no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022) e Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, publicado pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe, 2021); junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2022); ao Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2022); e a família de indicadores de Desenvolvimento Humano Municipal de Banco Internacional de Desenvolvimento (BID, 2022).

Os esforços na Região Metropolitana de Belém estão disseminados, segundo o IPEA (2021) a articulação intermunicipal e interfederativa, tipo Consórcio Municipal, torna-se de difícil implementação, apesar da existência da Diretoria de Planejamento Metropolitano e Gestão Territorial (DIMET), órgão da Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas (SEDOP - instituído na Lei n. 8.096/2015); isto é decorrente de prevalecerem os interesses individualizados dos municípios.

O uso de tecnologias limpas tem um papel importante na equação da construção de soluções nas cidades inteligentes e são privilegiadas as propostas integrais, relacionadas com a captação de gases efeito estufa otimizando produtos e serviços ecossistêmicos comercializáveis nos mercados financeiros internacionais (Ridelensky; Santos, 2022; Vargas *et al.*, 2022).

Por enquanto é necessário conhecer e revelar a situação da administração e tratamento dos resíduos sólidos urbanos, a relação com os catadores e os objetivos de desenvolvimento sustentável para encontrar um ponto de partida para a construção de soluções integrais.

Materiais e métodos

A situação é abordada por meio de “multi-saberes”, unindo as bases secundárias com o uso de metodologias multidimensionais, que podem ser representadas com produtos quantitativos que facilitam a interpretação dos resultados como é proposto por Rosales Mendoza e Lima (2022).

Foram usados os conteúdos dos textos referentes aos ODS publicados pela Organização das Nações Unidas, (descrição do objetivo, dados importantes e metas) para sua análise; e acessadas as bases de dados de produção científica em SCOPUS, SCIENCEDIRECT e EBSCO. O conjunto tornou-se a base de dados necessária ao processamento do software IRAMUTEQ para a lematização e definição de agrupamento de palavras que são interpretadas com a leitura da nuvem de palavras, rede neural, e estruturação de clusters ordenados por análise hierárquica.

Os dados disponíveis, no período 1991-2020, do Atlas-Brasil do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2022) foram usados no subsídio ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), no Sistema IBGE (2022) de Recuperação Automática (SIDRA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Tabelas 12448 e 2353).

Os cálculos empregados no IRaMuTeQ adicionam o JK-META-BIPLLOT, como o agrupamento de palavras conhecida como a Caracterização Hierárquica dos Dados (CHD), produto da aplicação da Equação 6 segundo Caballero-Julia *et al.* (2014).

Equação 6.
$$f'_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\max_i \sqrt{\max_j}}}$$

Onde: f_{ij} é o máximo da linha (i), mas não da coluna (j) aumentando a caracterização individual da palavra.

A Análise Fatorial de Caracterização (AFC) é utilizada para representação dos resultados na forma de nuvem de palavras, rede neural, dendrograma, e clusters, usados para interpretação dos resultados (Góes *et al.*, 2021; Rosales Mendoza *et al.*, 2023). Na otimização dos resultados da lematização se eliminaram as palavras como “desenvolvido”, “desenvolvimento” e “sustentável”. Posteriormente, o resultado é comparado com o produto da consulta aos especialistas e usuários.

A aplicação do método DEPHI partiu da visita a cada um dos municípios da Região Metropolitana de Belém (RMB), sensibilizando sob a importância da visibilização das ações, tarefas e atividades relacionadas com os resíduos urbanos. Em segundo plano, foi realizada a visita à algumas organizações (cooperativas e associações de catadores); e por último foram visitadas algumas empresas, também relacionadas com o gerenciamento dos resíduos sólidos. A tomada de informações constou de entrevistas e coleta de informações por meio de questionários feitos na plataforma de Mentimeter e Google-Form, conforme proposta de Sullivan *et al.* (2021) e Carter *et al.* (2022).

Na consulta qualitativa, a amostra adotada foi de três fontes:

- 1) consulta pelo médio de face book nas línguas português e espanhol; e
- 2) consulta direta a organizações e grupos focais da RMB. Sendo, os principais questionamentos feitos, associados aos seguintes pontos de referência:
 - (a) Na sua opinião qual é a ordem de prioridade de atenção dos ODS;
 - (b) escreva as cinco primeiras palavras relacionadas com seu trabalho de experto em triagem, reciclagem ou comercialização de materiais contidos nos RSU; e

(c) foi solicitado a redação de um documento anônimo no word com qualquer do seguinte conteúdo ou todos eles:

- 1) inconformidades ou incômodos do trabalho dia a dia; e
- 2) oportunidades de melhoria, 3) o que faz feliz no seu trabalho, e 4) qualquer outra coisa que deseje.

A área de aplicação é a Região Metropolitana de Belém do Pará (RMB). Está é composta pelos municípios de Ananindeua, Belém, Benevides, Castanhal, Marituba, Santa Bárbara e Santa Izabel do Pará. Os sete municípios juntos tinham uma população de 2.275.032 habitantes, no ano 2010, e uma projeção de 2.529.178 pessoas em 2020, com uma extensão territorial de 3.566.203 km² (IBGE, 2021; IPEA, 2021).

A Tabela usada no subsídio à Implantação da Função de Qualidade (QFD, Quality Function Implementation) foi formulada conforme as orientações contidas no Continuous Improvement Toolkit (citolkit.com), que apresenta um conjunto de orientações de auxílio à formulação de mapas mentais e regras de agrupamento. Os parâmetros usados (Tabela 10) avaliam as relações entre componentes e variáveis. Os resultados são classificados pelo grau de importância, e a pontuação, pela prioridade.

Tabela 10 - Parâmetros de avaliação.

Classificação das relações	Classificação de importância	Classificação de prioridades	Pontuação	Cores
Forte	1	5	≥ 161	Vermelho
Moderada	2	4	$\geq 140; \leq 160$	Laranja
Baixa	3	3	$\geq 81; \leq 120$	Amarelo
Nenhuma	4	2	$\geq 41; \leq 80$	Branco
	5	1	$\geq 0; \leq 40$	Verde

Fonte: Adaptada das orientações contidas no Continuous Improvement Toolkit e IRaMuTeQ.

Modelo sustentável de Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (ARSU)

A Figura 12 mostra no período de 1946 a 2021 a evolução da Constituição Federal (cor azul), interagindo com os Tratados e Convênios Internacionais (cor verde), com as leis e decretos de Governo (cor cinza), com as resoluções de Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (em amarelo), o Plano Nacional (laranja), e algumas entidades/instituições diretamente relacionadas com a saúde e gerenciamento dos resíduos, como o Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS).

mesma situação encontra-se o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), fornecido pelo Programa das Nações Unidas (PNUD), adotado pelo país como instrumento de transparência internacional.

Os esforços na Região Metropolitana de Belém estão disseminados. Segundo o IPEA (2021) a articulação intermunicipal e interfederativa, tipo Consórcio Municipal, torna-se de difícil implementação, apesar da existência da Diretoria de Planejamento Metropolitano e Gestão Territorial (DIMET), órgão da Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas (SEDOP - instituído na Lei n. 8.096/2015); isto é decorrente dos interesses individualizados dos municípios.

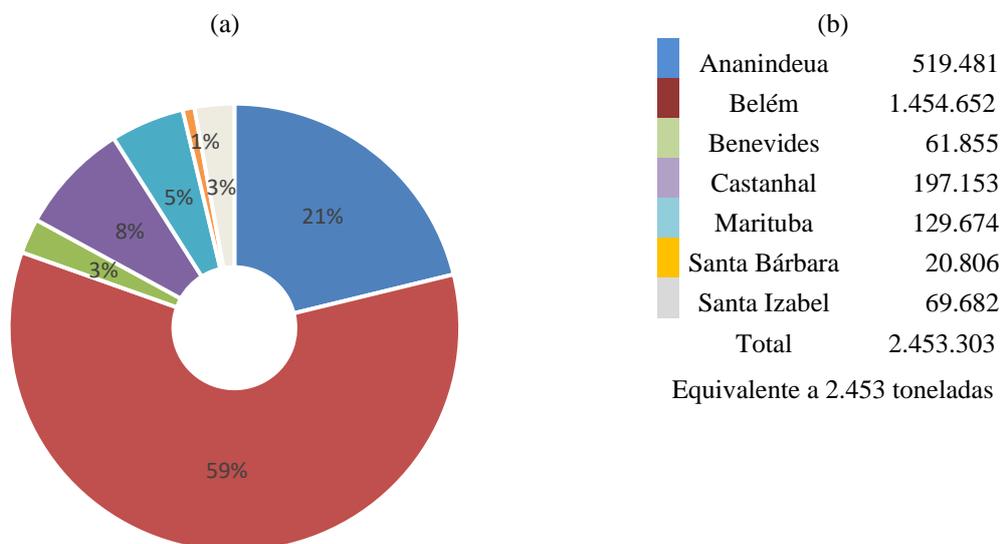
Contexto do gerenciamento de RSU na RMB

A RMB, quanto ao gerenciamento dos RSU, está estruturada em quatro grupos:

- a) acordo de cooperação técnica entre as prefeituras de Ananindeua, Belém e Marituba que transfere a responsabilidade à empresa administradora do aterro sanitário em Marituba;
- b) acordo entre os municípios de Castanhal e Santa Bárbara do Pará com outros;
- c) a prefeitura de Benevides assume a responsabilidade com o programa Lixo Zero; e
- d) o município de Santa Izabel do Pará que faz uma transferência de responsabilidade à Preserve Coletora de Resíduos Ltda.

A RMB apresenta uma produção total aproximada de resíduos de 2.117 toneladas diárias (tn/d), calculadas usando o Índice ajustado proposto por Rosales Mendoza *et al.* (2023) e a estimativa do IBGE (2022), referenciada ao 1 de julho de 2021, conforme a Figura 13.

Figura 13 - Produção de RSU na Região Metropolitana de Belém: (a) em percentual; (b) em unidade de kg/dia no ano 2020.



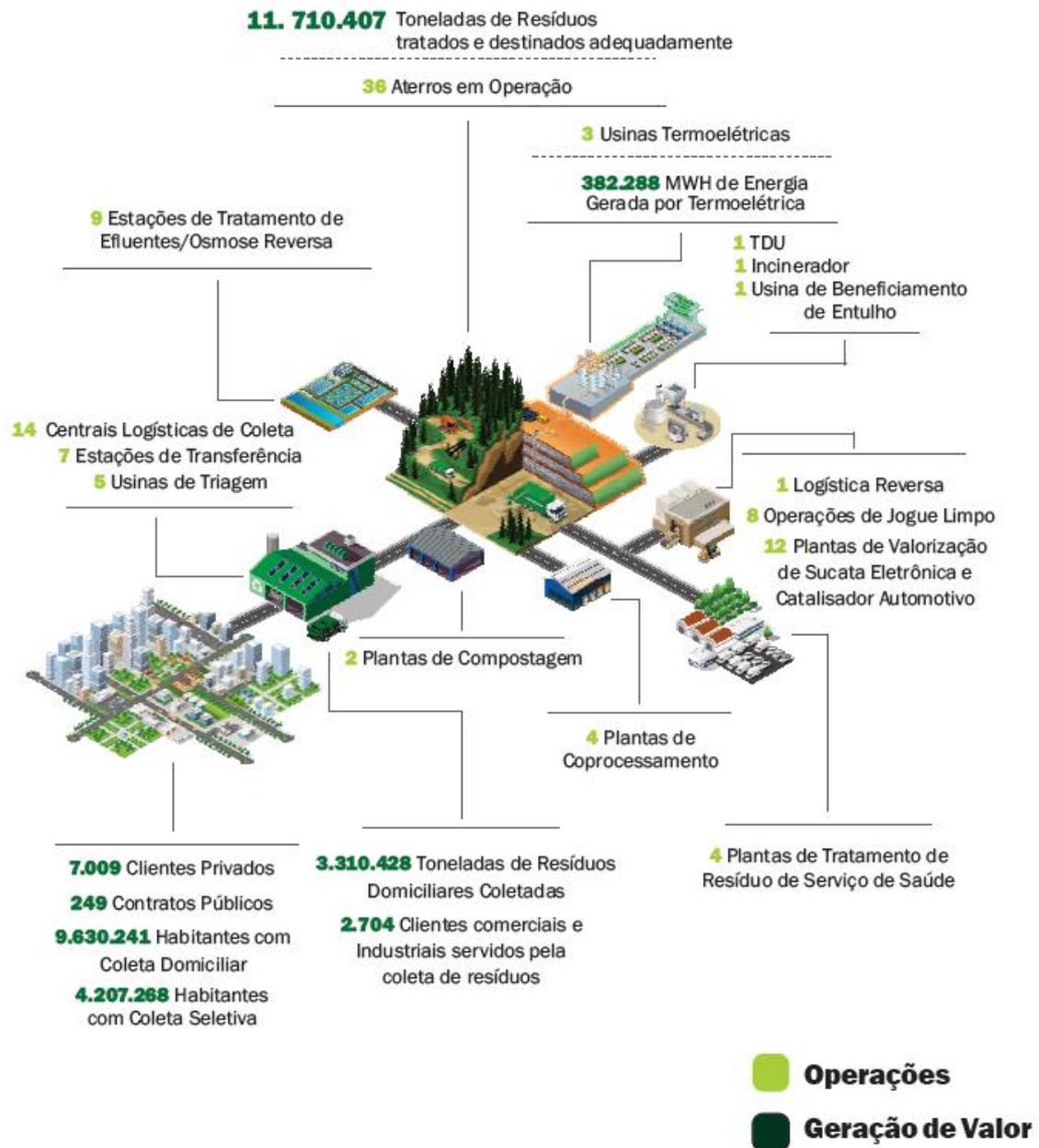
Fonte: Adaptada do IBGE (2021).

O volume maior é administrado pelo Acordo de Cooperação Técnica dos municípios de Ananindeua, Belém e Marituba, que respondem a comunidade com o contrato assinado desde 2015 com a empresa Guamá Tratamento de Resíduos Ltda (GTR) e até 2019 inicialmente, o contrato ajustado no prazo de dois anos autorizado pelo Ministério Público do Estado do Pará (MPPA) por solicitação das prefeituras (Cardoso *et al.*, 2020; IPEA, 2021).

A empresa GTR é parte do grupo Soluções para a Vida (SOLVI) com presença em quatro países: Argentina, Bolívia, Brasil e Peru. No Brasil tem participação em 120 bases operacionais, nos municípios de 20 estados, o grupo tem uma série de operações como se ilustra a Figura 14 (Solvi, 2021).

A empresa GTR informa que recebe 1.300 toneladas diárias de resíduos domiciliares (Solvi, 2021), ela alegava que o valor de R\$ 64,00 por tonelada é insuficiente para manter a operação, justificando assim um incremento de 78%, para um valor total de R\$ 114,00 (IPEA, 2021). Segundo Cardoso *et al.* (2020) o custo é de R\$ 90,00 para os municípios, com exceção de Marituba, que tem um acordo de não pagamento e de R\$ 100,00 para as empresas privadas.

Figura 14 - Acúmulo de operações SOLVI.



Fonte: Solvi (2021).

A GTR contabiliza cerca de R\$ 116.133,00 diários, R\$ 2.554.933,00 ao mês e R\$ 30.659.200,00 por ano. Mesmo com estes recursos e a alta tecnologia do grupo, a GTR apresenta dificuldades na operação do Aterro Sanitário. Sendo constantes os protestos dos moradores que manifestam inconformidade pelo tratamento inadequado, infiltração de chorume nas células de tratamento, e a poluição no ar (IPEA, 2021).

Segundo Espíritu (2019) as condições da alta temperatura e umidade da RMB favorecem à degradação dos resíduos no aterro sanitário de Marituba, porém a constante de gases e odores gerados ainda não alcança os valores máximos permitidos, eles causam desconforto na população com maior intensidade no período noturno (noite e madrugada).

É importante reconhecer o trabalho realizado pelas organizações, cooperativas de catadores em toda a RMB, algumas delas recebem capacitação pelas universidades e são instruídas em temas de administração, economia social solidária, economia circular. Até, foi experimentada uma proposta do banco baseado no movimento popular de Moeda Verde de mobilização social (Atahíde, 2022).

A responsabilidade pelo gerenciamento dos RSU na RMB é transferida pelas prefeituras a entes privados. Estes assumem na assinatura dos contratos a posição de gerente, fiscal e avaliador dos compromissos sustentáveis impostos pelo Governo, em conjunto com outras entidades governamentais.

As empresas prestadoras de serviços, comprometidas com o sistema de gerenciamento definido em lei, cumprem parcialmente o ordenamento jurídico, alegando falta de recursos econômicos. Estas não implementam respostas e soluções aos problemas existentes. Mesmo assim, criam programas e projetos de educação ambiental, como parte de cumprimento de normas internacionais voluntárias como as ISO (*International Standard Organization*).

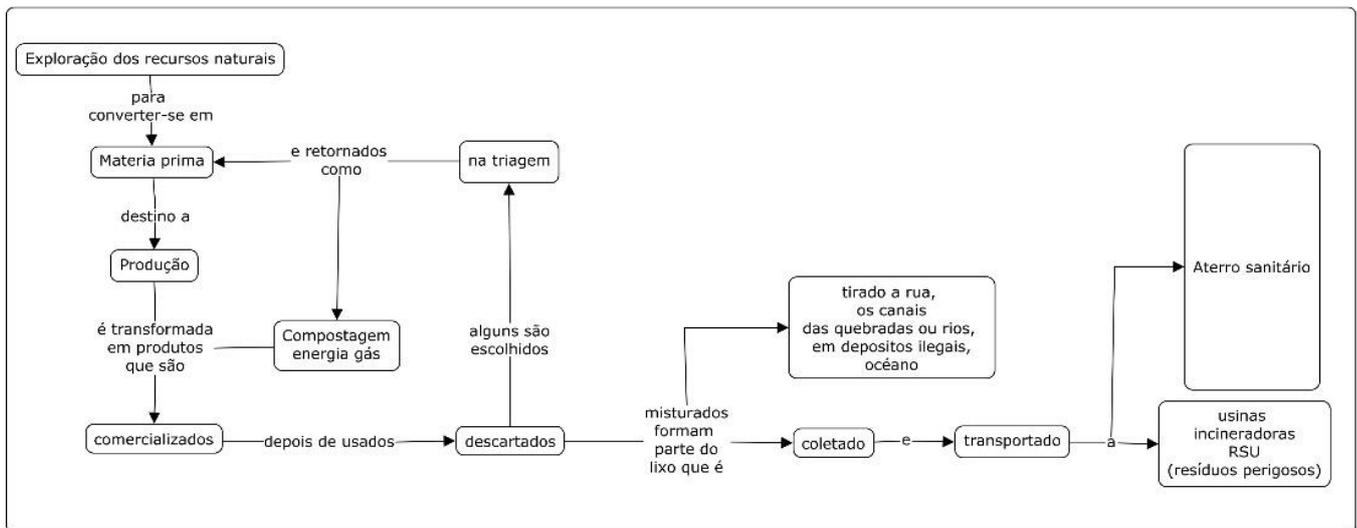
É evidente que existe tecnologia para fornecer um modelo de gerenciamento dos RSU. Por exemplo, o mesmo grupo SOLVI tem implementado: usinas termelétricas, de beneficiamento de entulho, estações de tratamento de efluentes, usinas de triagem, plantas de compostagem, plantas de valorização de sucata eletrônica e catalisadores automotivos, ainda assim, falta uma solução alternativa aos aterros sanitários.

A prática das Rs adotada pelas Nações Unidas ganha mais valor ligada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, nesse sentido é importante o uso e observação do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), porque no seu cálculo inclui as métricas que fornecem transparência institucional, municipal, estadual, e de país.

As tecnologias aplicadas ao aproveitamento dos materiais contidos nos RSU, incluindo as técnicas de recuperação são diversificadas e encontram-se disseminadas, alguns trabalham com borracha, outros com plástico, vidro, papelão, entulhos, resíduos orgânicos, e até mesmo iniciando a recuperação de metais. Na Figura 15 apresenta a conceitualização proposta para a rota tecnológica atual de destinação final de resíduos sólidos, iniciando na exploração dos recursos em seu estado natural para converter-se em matéria prima de produtos comercializados, depois de usados, descartados.

Alguns deles passam a triagem e reutilizados como matéria prima convertida em energia como é o caso dos resíduos orgânicos, a maior quantidade dos descartáveis formam parte do lixo (misturado), no melhor dos casos é coletado e levado a sua destinação final (aterro sanitário ou usina de incineração) e no pior dos casos terminam espalhados nas ruas, nos rios e depósitos ilegais, e até no oceano.

Figura 15 - Conceitualização da rota tecnológica ou modelagem atual para a destinação de resíduos sólidos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O cenário apresentado permite avaliar a exploração dos recursos naturais como o início de um processo gerador de resíduos e de impacto ambiental, consequência da evolução da humanidade correlacionada com o desenvolvimento da tecnologia, acelerada pela prestação e acesso aos produtos e serviços.

As práticas de triagem como implementação da filosofia das R_s aceitas pela comunidade internacional seguem o caminho da resposta antropogênica ao problema intergeracional da contaminação e poluição gerada pelo acúmulo dos resíduos.

Os projetos e programas de aproveitamento dos materiais descartados para serem reutilizados nos mesmos produtos, por exemplo, caso da embalagem (copos, garrafas, sacolas), ou serem transformados em novos produtos, são além de altruístas, necessários para evitar a destinação final nos aterros sanitários, onde ficam inservíveis e de difícil destruição.

Os esforços realizados são louváveis, porém, insuficientes diante a grande massa de resíduos a serem gerenciados diariamente. Segundo Amaral e Barboza-Arias (2022) apenas 3%

chamados “bens valorizáveis” dos resíduos sólidos. Como e apresentado também por Anjos e Souza (2020) e León *et al.* (2020).

As condições de vida, saúde, educação e alimentação estão comprometidas com o presente, especialmente, nas famílias que estão em situação de moradores de rua, subindo na escala pelo acesso aos serviços públicos. As famílias lutam e encontram uma oportunidade no mercado de alguns materiais contidos nos resíduos sólidos. Situação que continua sendo exposta por autores como Conceição *et al.* (2020) e García e Portugal (2020).

Segundo Barros e Moura (2022) a população que se desenvolve no mundo dos RSU na RMB, têm recebido o apoio do país pela implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), fortalecida recentemente pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos. A organização dos catadores em associações e cooperativas facilita a valorização das pessoas e a inclusão social fornecendo equipamentos e infraestrutura, porém, tanto as organizações como os catadores não afiliados sofrem pela desvalorização dos materiais, quando são entregues a atravessadores (mediadores). Algumas dessas lacunas podem ser abordadas desde a ótica dos ODS, facilitando a compreensão, incitando novas intervenções na gestão ambiental na perspectiva da sustentabilidade (Santos; Lima Júnior; Pereira, 2022).

Mas como são entendidos os ODS pelos usuários? O gerenciamento das entidades públicas percebe uma oportunidade de melhoria na implementação e monitoramento dos ODS, no entanto, existe muita desinformação e desconhecimento por vez das métricas (indicadores) e da maneira de coletar e processar os dados para cumprir com os requerimentos federativos, por parte das Organizações Não Governamentais (ONGs).

No caso da Região Metropolitana de Belém do Pará segundo o PNUD, usando o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM, ano 2010), o município de Belém tem um índice de 0,746 ocupando e compartilhando a posição 79 com outros municípios com igual índice. No ano base (IDHM, ano 1991) tinha um índice de 0,562 e ocupava a posição 59; o município de Santa Bárbara do Pará reportava o índice de 0,369 no ano de 1991 e a posição 252, no ano 2010 o índice é de 0,627, o menor para a RMB, compartilhando a posição 198 com outros municípios com igual qualificação dos 5565 municípios de Brasil, o que reflete um desenvolvimento positivo para a região em geral.

O Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) demonstra que todos os municípios da RMB têm conhecimento da existência de catadores e tipo de trabalho nas unidades de disposição de resíduos no solo, porém, o número de catadores de lixo nas unidades de destinação final apresenta variações na amostra (ano base 2008): no município de Ananindeua havia 150 catadores; em Belém, 200; em Castanhal, 30; em Marituba, Sta. Bárbara

e Sta. Isabel, não foram indicados registros. Estes são os últimos números relacionados, depois, não é observada uma atualização dos dados, na mesma base.

Como é visível nos relatórios existe a dificuldade ocorre com a rastreabilidade das informações e da base dados que a compõe, e a homologação pelos gestores e usuários. O que mostra a necessidade de mudança no paradigma de gerenciamento dos resíduos para dar visibilidade aos atores e suas ações (Aguiar *et al.*, 2021). A transparência na prestação de contas requer uma coleta de dados certos da organização dos trabalhadores formais (cooperativas, associações, redes) e dos informais (catadores que trabalham sem adição).

Aplicação dos ODS no contexto do planejamento urbano e ambiental

Na consulta realizada a alguns dos catadores formais e informais referente aos ODS, depois de informar sob o conteúdo aos mesmos, observou-se que existe o entendimento da necessidade de cumprir todos os objetivos, mas que é necessário começar a identificar os resultados ou relações. Os participantes ordenaram os ODS numa ordem de prioridade, conforme a Figura 17.

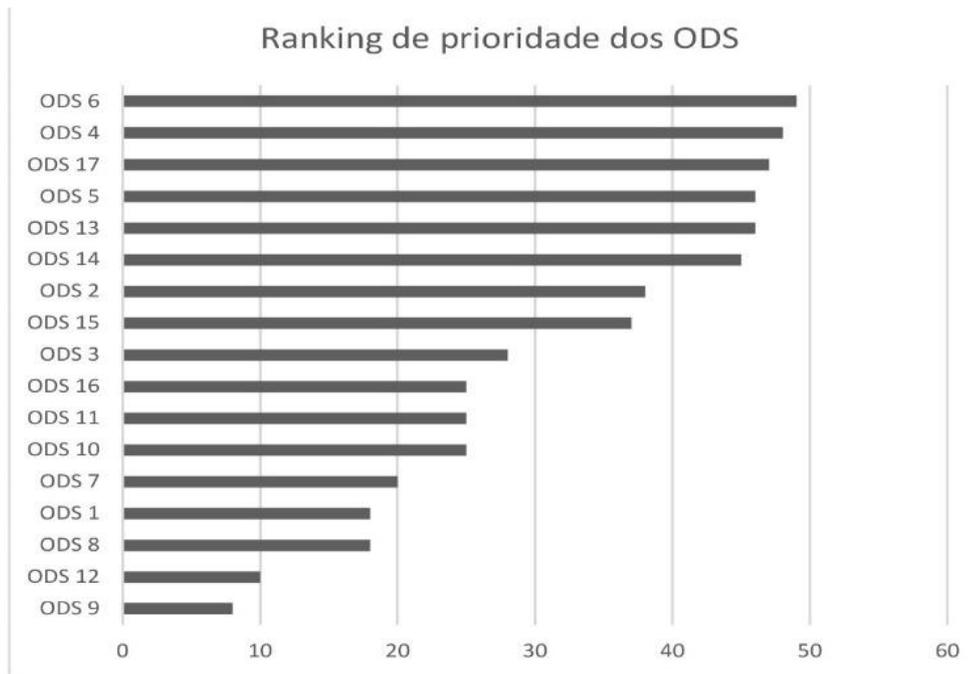
O Objetivo 6 “água limpa e saneamento” ocupa o primeiro lugar. A percepção manifesta a importância da conservação e proteção da água como fonte e permanência da vida. Indicando que a RMB se encontra em uma ampla bacia hidrográfica (rio Guamá), porém seus residentes não fazem uso direto dela, sendo necessário gastar parte da renda familiar para comprar água envasada. Tanto as fontes subterrâneas como as superficiais são ameaçadas pela poluição orgânica (bacteriológica), química e por resíduos de diferentes origens.

O segundo é o Objetivo 4: “Educação de qualidade”. Neste sentido se propõe como solução ao problema do Objetivo 6 criar programas de educação ambiental, incentivando o uso certo dos recursos e especialmente, compartilhar os aprendizados da implementação dos 5 Rs (repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar). O terceiro lugar corresponde ao ODS 1 “erradicação da pobreza”, seguido do ODS 2 “Fome zero”. Os resultados da análise da Implantação da Função de Qualidade são apresentados na Figura 18.

Figura 17 - Ranking da prioridade ODS relacionados com os resíduos urbanos.



Objetivos de Desenvolvimento Sustentável relacionados com os resíduos sólidos urbanos



Fonte: Elaborado a partir dos resultados no Mentimeter.

Figura 18 - Implantação da função de qualidade.

Implantação da função de qualidade											
Título do projeto		Resíduos sólidos urbanos e ODS					Correlação				
Líder do projeto		PPGCA-UFPA/Brasil					+ . -				
data		31/10/2022					Positiva em correlaçã Negativa				
Direção de melhoria desejada (↑,0,↓)							Relações				
Requerimentos funcionais (como)							9 3 1				
Requerimento do cliente (O que é) ↓							Forte Moderada Fraca Nenhuma				
1: baixo, 5: alto							Avaliação competitiva (1: baixo, 5: alto)				
Classificação de importância		Acesso a serviços públicos	Vivenda digna	Empregos verdes	Capacitação e formação	Ambiente sano	Puntuação ponderada	Classificação de prioridade	Governo Federal	Empresa privada	Municípios
1	3	Erradicar a pobreza	9	9	9	9	135	Laranja			
2	3	Fome zero	9	3	9	3	99	Amarelo			
3	3	Saúde e bem-estar	9	3	9	3	99	Amarelo			
4	5	Educação de qualidade	3	3	9	9	135	Laranja			
5	2	Equidade de gênero	1	1	3	3	22	Verde			
6	5	Água limpa e saneamento	9	9	9	3	195	Vermelo			
7	2	Energia acessível e não poluente	9	9	9	3	78	Branco			
8	2	Trabalho decente e crescimento econômico	9	9	9	9	90	Amarelo			
9	1	Indústria, inovação e	9	3	9	3	27	Verde			
10	3	Redução das desigualdades	3	3	3	3	45	Branco			
11	3	Cidades e comunidades	9	9	9	3	117	Amarelo			
12	1	Produção e consumo	9	9	9	3	39	Verde			
13	5	Ação pelo clima	3	3	9	3	135	Laranja			
14	5	Vida submarina	3	3	9	3	135	Laranja			
15	4	Vida dos ecossistemas terrestres	3	3	9	3	108	Amarelo			
16	4	Paz, justiça e instituições sólidas	3	3	9	3	108	Amarelo			
17	5	Parcerias para alcançar os ODS	9	9	9	3	195	Vermelo			
Pontuação de importância técnica		332	290	474	228	438	1762				
% importância		19%	16%	27%	13%	25%	100%				
Classificação de prioridades		3	4	1	5	2					
Desempenho atual											
Alvo											
Ponto de referência											
Dificuldade											
Custo e tempo											
Prioridade para melhorar											
Comentários / conclusão:											
O resultado mostra na Região Metropolitana de Belém (RMB) a importância da água limpa e saneamento como a maior necessidade percebida pelos participantes e acham que a solução é possível de promover as parcerias, associações público-privadas, o que facilitaria o uso de recursos e pessoal na otimização dos serviços. Ou seja, o direito ao ambiente sano.											

Continuous Improvement Toolkit . www.citoolkit.com

Fonte: elaborado pelo autor

Foram usados os ODS como os requerimentos “da sociedade e da comunidade internacional”; como requerimentos “funcionais” foram selecionados o acesso a serviços públicos, vida digna, empregos verdes, capacitação e formação, e ambiente sadio; e os “concorrentes para propor soluções”, o Governo Federal, as empresas privadas e os governos municipais.

A primeira classificação identificou a “água limpa e saneamento”, “educação de qualidade”, “ação pelo clima”, “vida submarina”, e as “parcerias” para alcançar os ODS como indicadores de maior importância. A segunda classificação resultou da pontuação ponderada, identificando a “água limpa e o saneamento”, e as “parcerias” como os objetivos de maior

prioridade. A terceira e última classificação de prioridade provém das variáveis, nelas a mais importante são “empregos verdes”.

No sentido prático da interpretação dos resultados gerando empregos verdes, ou seja, o reconhecimento do trabalho dos catadores, pode dignificar e colocar aos atores numa melhor posição econômica-social-ambiental, desfrutando de um ambiente sadio, fornecendo oportunidades para obter uma moradia digna, com acesso a serviços públicos de qualidade, especialmente, com acesso à água potável (limpa) ótima para a conservação da vida e a saúde.

Tais elementos são possíveis se houver parcerias público-privadas tanto nacionais como internacionais, ou Associações Públicos Privadas (APP), como é proposto no âmbito internacional, facilitando a coleta de recursos, sejam, financeiros ou tecnológicos.

No momento é aproveitado segundo o IPEA (2022) o 13% dos materiais contidos nos RSU proporcionando trabalho a uns no comércio de materiais não descartáveis (recicláveis), porém, ficam ainda 87% que poderiam ser resgatados do destino final dos aterros sanitários e lixões, ou pelo menos uma parte deles que não seja de risco como os descartáveis hospitalares, que podem fornecer uma oportunidade de comercialização de bens e serviços, dentro dos conceitos de economia social de mercado, comércio justo, economia circular e economia verde.

Considerando que a RMB gera aproximadamente 2.206 toneladas de lixo diário, essa mesma quantidade ou pelo menos mais do 86% poderiam ser recuperados e usados para gerar renda para os empregos verdes. Esta poderia se transformar em solução ao problema da poluição sinalizado por Dunel e Barbosa (2019) e Costa *et al.* (2020). Além da abordagem do desafio antropogênico observado por Almeida *et al.* (2013) e Franqueto; Delponte; Franqueto, (2019) da administração e tratamento dos RSU e aos impactos assinalados por Pereira *et al.* (2020) e Pestana e Ventura (2020) de descarte em lugares não autorizados.

A aplicação da Função de Qualidade seria potencializada com a definição precisa da quantidade de pessoas que poderiam ser impactadas com a implantação de ações voltadas à gestão dos resíduos sólidos urbanos. Em consequência, fica prejudicada a quantificação monetária dos recursos necessários de investimentos por parte de empresas privadas, organizações não governamentais, o governo federal, municípios e organizações internacionais.

Outro fator importante é o acesso e uso da tecnologia. Os participantes manifestaram o interesse pelo uso e implementação de tecnologias limpas, porém, a maior dificuldade é o custo dela, além dos múltiplos requerimentos e custos adicionais para adquirir os equipamentos, construir a infraestrutura, e receber a capacitação para sua operação.

Conclusões e recomendações

A eficiente aplicação da Função de Qualidade necessita de informações, de acesso público, que facilitem a rastreabilidade dos dados e componentes. Neste sentido, as organizações incluindo os municípios devem criar esses mecanismos de coleta de dados e disponibilizar os resultados como base da visibilização das ações. É importante evidenciar a quantidade de pessoas conforme idade, sexo, grau de cooperativismo e localização, tais informações podem favorecer a aplicação das ferramentas tecnológicas e a implementação das propostas de ações sociais, e o fornecimento de uma base de dados base necessária à construção de indicadores de desempenho para aplicação de recursos.

O lixo gerado na Região Metropolitana de Belém se aproxima as 2.206 toneladas diárias de resíduos sólidos urbanos; onde, elaborar um plano ou modelo de aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos sólidos urbanos pode fornecer dentro a ótica dos ODS uma solução permanente (cíclica) de desenvolvimento sustentável, reduzindo a exploração da natureza, e tornando os materiais descartáveis como matéria prima para a elaboração de produtos e serviços reutilizáveis.

Na atualidade as condições de vida transgeracional na maioria dos catadores é de alta vulnerabilidade social, o que acontece na Região Metropolitana de Belém na Amazônia se repete no mundo, pessoas com grandes dificuldades para progredir numa sociedade consumista e pouco considerada, quase sem se importar com o próximo, porém, existem muitos esforços para trocar essa realidade como os ODS impactando assim o Desenvolvimento Sustentável no mundo, mais precisando de ações responsáveis com sentido.

Gerar emprego verde, ou seja, reconhecer uma renda justa para trabalhos não valorizados socialmente, acompanhado de programas de educação de qualidade podem fornecer soluções permanentes às necessidades de um meio-ambiente saudável, a moradia digna, acesso e permanência de serviços públicos que inclui água limpa e saneamento.

Existe uma correlação exponencial entre os RSU e os ODS unidos pelo vetor antropogênico e a tecnologia, é importante reconhecer que o mesmo fator que gera resíduos é o mesmo que pôde servir como catalisador e controlador, quando assistido pela tecnologia limpa fornece as oportunidades de melhoria requeridas pela humanidade.

A proposta é unir as boas práticas de aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos sólidos, especialmente ou inicialmente os urbanos de maneira que os materiais explorados e disponíveis no meio possam ser usados na criação de produtos e serviços ciclicamente, no desenvolvimento da operação e dos processos todos os usuários (compradores, produtores,

intermediários) podem ser beneficiados, e incluso a natureza seja beneficiada por enquanto tem o respiro ao ser menos explorada.

O resultado mostra na Região Metropolitana de Belém (RMB) a importância da água limpa e saneamento como a maior necessidade percebida pelos participantes e acham que a solução é possível de promover as parcerias, associações público-privadas, o que facilitaria o uso de recursos e pessoal na otimização dos serviços. Ou seja, o direito ao ambiente saudável.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS-ABRELPE. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. 2021.54 p. Acesso em 7 de abril de 2022.

AGUIAR, E. S.; RIBEIRO, M. M.; VIANA, J. H.; PONTES, A. N. Panorama da disposição de resíduos sólidos urbanos e sua relação com os impactos socioambientais em estados da Amazônia brasileira. *URBE Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v.13, n.1, p.1-12, 2021. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20190263>

ALMEIDA, R. N.; PEDROTTI, A.; BITENCOURT, D. V.; SANTOS, L. C. P. S. A problemática dos resíduos sólidos urbanos. *Interfaces Científicas – Saúde e Ambiente*, v.2, n.1, p. 25-36, 2013. <https://doi.org/10.17564/2316-3798.2013v2n1p25-36>

ANJOS, A. M. dos. Aspectos socioambientais dos resíduos sólidos urbanos da cidade de São Tomé RN. *Geoconexões*, v.5, n.1, p. 19-32, 2020. <https://doi.org/10.15628/geoconexoes.2020.10270>.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO-BID. **Brasil perspectiva general**. 2022. <https://www.iadb.org/es/paises/brasil/perspectiva-general>. Acesso em: 16 de maio de 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-MMA. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Secretaria de Qualidade Ambiental/Ministério do Meio Ambiente, República de Brasil* 187 p, 2020. Acesso em 18 de maio de 2022.

CARTER, S.; ANDERSEN, C.; STAGG, A.; GAUNT, L. An exploratory study: Using adapted interactive research design and contributive research method. *The Journal of Academic Librarianship*. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2022.102620>

CONCEIÇÃO, M. M. M.; SOUZA, G. B.; QUEIROZ, T. L.; SILVA, A. C. S.; SÁ, R. J. S.; SILVA, A. P. S.; SILVA, J. E. V. C.; COSTA, R. S.; TAVARES, L. S.; GOMES, L. E. N.; DIAS, S. C.; PEREIRA JUNIOR, A. Crescimento populacional e geração de resíduos sólidos: o caso da região norte. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.2, p. 7936-7947, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-195>.

COSTA, A. R. S.; SILVA, R. C. P.; JUCÁ, J. F.; THOMÉ, S. G. Aplicação da pegada ecológica na gestão de resíduos sólidos urbanos através de análise de componentes principais: estudo da cidade de Recife, Brasil. *Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: investigación, desarrollo y práctica*, v. 13, n. 2, p. 320-333, 2020. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.2.67115>

DUNEL M. P.; BARBOSA, C. F. T. Evaluation of the thermal performance of a Social Interest Housing (SIH) with ecological brick masonry produced with urban solid waste stabilized in a tropical climate to replace the use of traditional building materials. *In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/410/1/012110/pdf>. Acesso em: 3 de setembro de 2019.

FRANQUETO, R.; DELPONTE A. A.; FRANQUETO R. Study of the recycling process and the management of municipal solid waste in a municipality of Paraná/Brazil. *Environment and Sustainability Notebook*, v. 15, n. 8, p. 24–29, 2019. Disponível em: <https://cadernosuninter.com/index.php/meioAmbiente/article/view/1252> acesso em 2 de janeiro de 2020.

GARCÍA, L. C. V.; PORTUGAL, A. S. Panorama histórico dos resíduos sólidos em cachoeiras de Macacu: a face dos anos 2011 a 2013. *Revista Tamoios*, v. 16, n. 2, p. 99-116, 2020. <https://doi.org/10.12957/tamoios.2020.46523>

GÓES, F. G. B.; SANTOS, A. S. T. S.; CAMPOS, B. L.; SILVA, A. C. S.; SILVA, L. F.; FRANCA, L. C. M. Use of the IRAMUTEQ software in research with a qualitative approach: experience report. *Rev. Enferm*, v.11, n.63, p.1-21, 2021. <https://doi.org/10.5902/2179769264425>.

GOMES, F. B. M.; SILVA, A. K. M. Manejo dos resíduos sólidos de serviço em saúde do programa saúde da família – PSF, Caucaia – Ceará. *Revista SOMMA*, v.5, n.2, p.54-68, 2020. <http://ojs.ifpi.edu.br/revistas/index.php/somma/article/view/234>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA-IBGE. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*. Disponível <https://www.ibge.gov.br/busca.html?searchword=catadores> acesso o 31 de outubro de 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA-IPEA. *Boletim regional, urbano e ambiental*, 2022. 216 p. <https://dx.doi.org/10.38116/brua25>

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA-IPEA. *Identificação e caracterização das relações interfederativas na região metropolitana de Belém, Projeto Governança Metropolitana no Brasil*. [S.l.]: IPEA, 2021. Acesso em 7 setembro de 2022.

JULIA, D. C.; GALINDO, P. V.; VILLARDON, M. P. G. Grupos de discusión y HJ-BiPlot una nueva forma de análisis textual. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información*, n. E2, p. 19-36, 2014. <https://doi.org/10.17013/risti.e2.19-35>.

MARTIN F. C. Breve arqueología (y apología) de la basura. *Cruce, Critica Sociocultural Contemporánea*, v. 1, n. 1, 7 p., 2013. Acesso em 6 junho de 2022.

MENDES, J. R. L.; ALMEIDA, K. E. L.; MELO, J. M.; ABRANTES, M. M. G. Diagnóstico da disposição final dos resíduos sólidos urbanos no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Direito e Gestão Pública*, v. 8, n. 2, p. 449-457, 2020. <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RDGP/article/view/7967> acesso em 22 de junho 2021.

MENEZES, C. F.; SITUBA, N. S. Os resíduos sólidos hospitalares na cidade de Eirunepé – Amazonas. *REMOA*, v. 19, n. 3, p. 1-12, 2020. <https://doi.org/10.5902/2236130841134>

NEILA, J. F. R. Problemas medioambientales urbanos en el mundo romano. *In: Anejos de AEspA LX, CDIC*, 61 p. ISBN: 978-84-00-09345-7, 2011. Acesso em 23 de janeiro de 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS-ONU. *Objetivos de desarrollo sostenible*, 2022. Disponível em <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>. Acesso em 22 de fevereiro de 2022.

OSTOS, A. F. L.; CRUZ NIETO, D. D.; SALVADOR, Y. E. L.; SOTO, F. G. C.; CHANG, Y. J. V.; CÁRDENAS, J. A. L. Impacto ambiental de los residuos sólidos en el distrito de Santa María – Huaura año 2018. *BIG BANG*, v. 8, n. 3, p. 28-34, 2020. <https://doi.org/10.51431/bbf.v8i3.493>

PEREIRA, C. S.; RODRIGUES, M. O. S.; BARROS, C. L. S.; ALMEIDA, B. L. N.; DIOGO, M. L. S. A. Identificação de impactos ambientais provocados pelo lançamento de resíduos sólidos e líquidos no Rio Itapecuru. *Nature and Conservation*, v. 13, n. 2, p. 58-66, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.002.0006>

PESTANA L. O. B., VENTURA, K. S. Avaliação do descarte de resíduos sólidos no meio urbano. Estudo de caso: zona ZOEMI-APOC de Araraquara/SP. *Fórum Ambiental*, v.16, n.1, p.114-130, 2020. <https://doi.org/10.17271/1980082716120202321>

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO-PNUD. *Ranking dos municípios de Brasil*. 2010. Disponível <http://www.atlasbrasil.org.br/ranking> acesso 31 de outubro de 2022.

RIDELENSKY, J. C. F.; SANTOS, A. R. Projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo – MDL uma coletânea de projetos aprovados no Brasil na última década. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 4, p. 1-11, 2022. <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27087>

ROSALES MENDOZA, R.; MOTA, M. A. S. Avaliação monetária das perdas por causa de chuvas intensas nas cidades de Belém do Pará/Brasil e Carrillo de Guanacaste/Costa Rica. Brasília: EPTEC, 2021.

ROSALES MENDOZA, R.; LIMA, A. L.M.; PIMENTEL, M. A.; NASCIMENTO, A. P.; ROCHA, E. World development and generation of waste. *Environ Sci Pollut Res*. 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23106-5>

ROSALES MENDOZA, R.; LIMA, A. L. M. The Abductive Method to Generate Polymath Knowledge in Technical-Scientific Production. *Civil Eng Res J.*, v. 13, n. 3, 555864, 2022. <https://doi.org/10.19080/CERJ.2022.13.555864> SANTOS, C. M. B.; LIMA JÚNIOR, J. F. L.;

PEREIRA, R. S. Atuação das organizações de catadores de materiais recicláveis na gestão pública dos resíduos sólidos urbanos: protocolo de Scoping review. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 6, p. 1-8, 2022. <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i6.29464>

SILVA, F. A. G.; MELLO, E. M. R. The legal, social and economic aspects of solid waste management: opportunities and challenges. *Journal Contributions to the Social Sciences* v. 1, n. 1, p. 1–14, 2020. <https://www.eumed.net/rev/cccss/2020/06/residuos-solidos.html>

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO-SINIS. *Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento*. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel> acesso 31 de outubro de 2022.

SULLIVAN, E.; GEIERSTANGER, S.; SOLEIMANPOUR, S. Mental Health Service Provision at School-Based Health Centers During the COVID-19 Pandemic: Qualitative

Findings From a National Listening Session. *Journal of Pediatric Health Care*, v. 36, n. 4, p. 338-367, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.pedhc.2021.11.003>

TAKENAKA, E. M. M. Urban waste and environmental health: a historical approach in the municipality of Presidente Prudente/SP. *Colloquium Socialis* v. 4, n. 2, p. 92–10, 2020. <https://revistas.unoeste.br/index.php/cs/article/view/3852>.

TAVARES, Q. E. S.; SANCHES, A. E.; BANDEIRA, S. R.; MARQUES, D. S.; SANTOS, G. O. Identificação de locais de descarte irregular de resíduos de construção e demolição no bairro distrito industrial II no município de Manaus – AM. *Brazilian Journal of Development* v. 6, n. 2, p. 6014-6024, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-052>.

VARGAS, D. B.; DELAZERI, L. M. M.; FERREIRA, V. H. P. *O avanço do mercado voluntário de carbono no Brasil: desafios estruturais, técnicos e científicos*. São Paulo: Observatório de Economia, 2022.40 p. Acesso em 30 outubro de 2022.

CAPÍTULO IV MODELO DA ROTA TECNOLÓGICA DOS MATERIAIS NÃO VALORIZADOS CONTIDOS NOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Introdução

Existem no mundo práticas que são consideradas adequadas no aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos sólidos urbanos, porém, não existe uma proposta ou solução integradora que vise ao uso cíclico dos materiais reduzindo a exploração da natureza, fornecendo a abordagem com responsabilidade social e econômica, especialmente das populações vulneráveis habilitando procedimentos, atividades, tarefas, instrumentos e mecanismos de alianças estratégicas público-privadas.

Segundo Segura *et al.* (2020) os países com as melhores práticas de gerenciamento de grandes quantidades dos resíduos sólidos são Alemanha, Suíça, Bélgica, Japão, Países Baixos, Sueca, Dinamarca e Noruega; a avaliação é baseada na redução de resíduos com destino aos aterros sanitários, e encaminhados a usinas de incineração com geração de energia e compostagem.

A preferência pelas plantas de incineração responde pela redução do volume dos resíduos tratados de 100% a 5%, se atendem as especificações técnicas, normas ambientais, e rigorosos padrões de operação. Onde o principal questionamento para sua implementação e uso, é a emissão de gases tóxicos para atmosfera (Ferrari; Andrade, 2021; Pinto *et al.*, 2022).

A segunda melhor prática ou prática adequada, consiste na separação dos resíduos orgânicos para um tratamento de biodigestores ou a transformação em adobo pelo meio do compostagem, o que permite aproveitar o conteúdo nutricional da fração orgânica gerando produtos com alto valor agregado (Vargas-Pineda, 2019; Gonzáles-Jiménez; Villa Lobos-Morales, 2021).

A gestão empresarial visa a operação industrial sustentável mediante o aproveitamento cíclico dos materiais, valorizados desde a práticas das Rs, (reclassificar, reutilizar, reuso, recusar, ...) e usando processos tecnológicos que facilitem uma renda com imagem eco produtiva, contrária a produção linear que ocasiona escassez dos recursos pelo descarte (Morocho, 2018; Melendez *et al.*, 2021).

Além disso, há o desenvolvimento de uma dinâmica socioeconômica nos grupos mais vulneráveis da sociedade, hoje dedicados a triagem e a comercialização dos materiais com apoio da normativa internacional de cada país, com uma série de condições de desenvolvimento educativo, financeiro e de organização em grupos (Cruz *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2022).

A partir da separação de materiais na fonte (vidro, plástico, papelão, entulhos, alumínio), a indústria tem gerado uma série de produtos de uso comum, como por exemplo: cerâmica, madeira plástica, seixos, garrafas, e materiais de construção de estradas. O uso do vidro e concreto reciclado são usados com êxito na estabilização e aumento da capacidade de carga dos solos argilosos, também, na elaboração de colunas de concreto e pisos. reduzindo os custos (Huamán, 2021; Muñoz; Aimacaña; Lema, 2021; Terrones *et al.*, 2022).

A reciclagem do plástico mediante a técnica do aquecimento, em conjunto com o processo de extrusão (expulsão forçada) a moldes, é um êxito replicado no mundo, está se une a mistura com matérias de fibras de origem vegetal gerando produtos bem-sucedidos no mercado (Diaz *et al.*, 2022; Posada; Montes-Flores, 2022).

O sistema de coleta seletiva do papelão na Espanha é uma referência internacional, graças a participação coletiva. O material é reutilizado para evitar o desabastecimento de papel higiênico e sanitário, embalagem de comida, bebida, e produtos farmacêuticos gerando uma sensação de satisfação nos participantes pelo cuidado ao meio-ambiente (Barrio, 2021; Hall-López, 2021).

No caso do alumínio é usada tecnologia digital, onde, as pessoas contatam pelo meio do aplicativo ReciApp a empresa ReiVeci para fazer entrega do material para sua reutilização, na troca recebem pontos por produtos das marcas participantes (Baque; Casagualpa; Gallardo, 2021). Na produção de energia 177.7 quilogramas de garrafas de alumínio equivalem a 3960.3kwh, aproximadamente, 300.000 horas disponíveis para uso em lâmpadas de 60w ou 79.000 em computadores portáteis (Bautista *et al.*, 2021). Do alumínio reciclado também é possível obter espumas metálicas (Espasadin, 2022)

O uso da borracha reciclada proveniente dos pneus favorece a construção de estradas com resultados favoráveis na modificação do pavimento, aumenta a capacidade de rodagem e a escoamento das águas no período de chuva, sendo usado na produção de vasos (Bernal-Figueroa *et al.*, 2021; López; Razo, 2022). As métricas do aproveitamento do resgate de materiais com “destino final” a aterros sanitários provocado pelas práticas de reciclagem e reuso ascendem ao 13% do total de resíduos gerados pela população segundo IPEA (2017) no Brasil, mesmo porcentagem revelado em estudos feitos em 1989 por Milke e Aceves.

Alguns desafios involucram processos de tratamento de águas, efluentes, resíduos sólidos devido à sua complexidade de remoção e potencial de contaminação, assim também, na gestão da produção dos bens e serviços no uso de mecanismos de apropriação em projetos de inovação colaborativos que incluam a participação cidadã (Almeida; Barros, 2022; Graça *et al.*, 2022; IPEA, 2022).

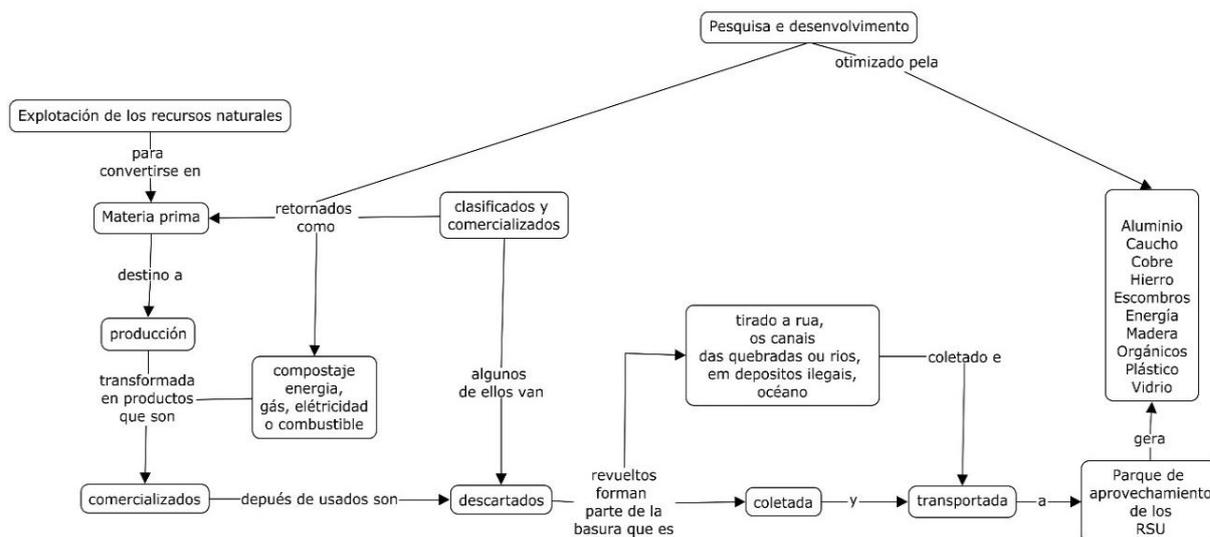
A necessidade de estabelecer olhares alternativos como às soluções baseadas na natureza poderiam fornecer formas contemporâneas de relacionamento entre ciência, política e natureza gerando suportes técnico-científicos de pensamentos emergentes (Amaral; Arias, 2022). Procurando respostas, encontram-se a proposta do modelo matemático ao conceito de lixo zero, nele se inclui as métricas pelos materiais identificados desde 1990 a 2022, o modelo aplicado ao estudo de caso na Região Metropolitana de Belém do Pará/Brasil usando informações do período 1990-2020 e a cenarização até 2050.

Proposta do modelo e Impacto da aplicação do modelo de ARSU na Região Metropolitana de Belém (PA)

A proposta está baseada na capacidade de transformação da natureza em múltiplas formas de matéria e seres vivos, partindo da decomposição, reação e interação dos componentes, e a capacidade de ionização, ou seja, a propriedade de juntas elementos em grandes estoques, observada na evolução e resiliência da natureza. O alvo é reduzir o erro na equação Lixo Zero em um 96,85% para deixar *pi* como margem estimável de oportunidade de melhora no modelo.

Usando como base o esquema da rota tecnológica atual para o gerenciamento dos RSU, troca-se o uso do aterro sanitário pela implementação do Parque de Aproveitamento (PARSU) (Figura 19) que inclui o uso de uma planta processadora dos resíduos que além de triturar faz automaticamente a triagem dos materiais e os dispõe separadamente em usinas, ou os leva para tratamentos específicos, como é o caso dos materiais orgânicos para convergir-lhes no processo da compostagem em adobo, ou para gerar energia gás-elétrica.

Figura 19 - Rota tecnologia proposta para o modelo de aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos.

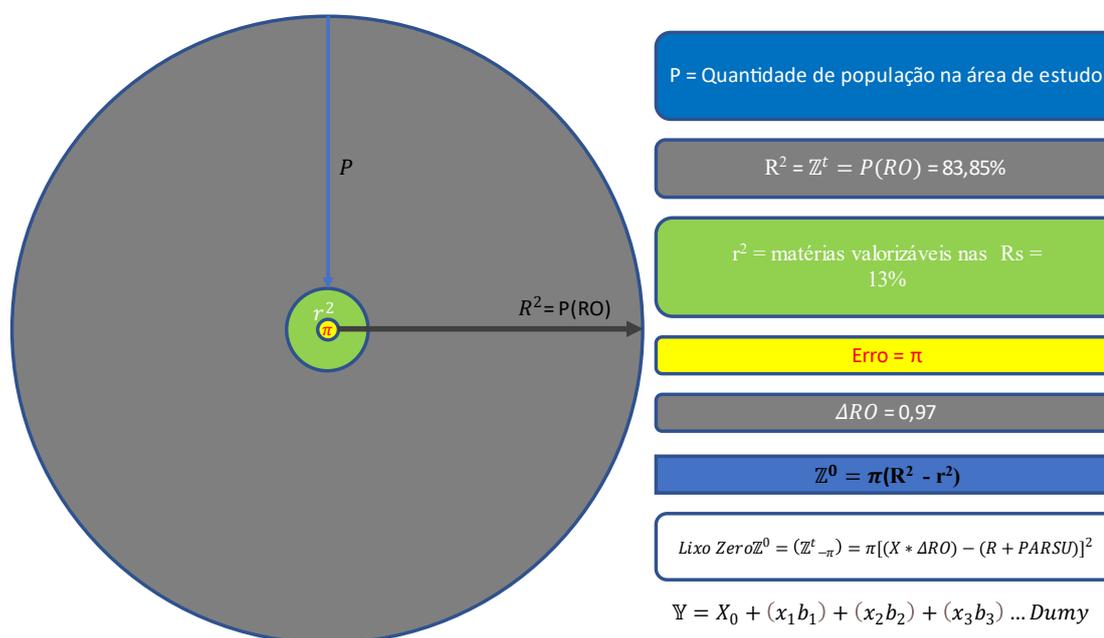


Fonte: Elaborado pelo autor.

Recuperados e separados os materiais se transformam em matéria prima para a produção. A estimativa é recuperar o 96,85% do 100% dos resíduos na atualidade com destino legal ou ilegal e buscar sua transformação em produtos de compra e uso preferencial, incentivando ao usuário a ter um comportamento responsável pautado na sustentabilidade, com impacto ambiental positivo transgeracional, seriam as chamadas de compras verdes, inteligentes, responsáveis.

A estimativa do 96,85% se descompõem: $R^2 = 83,8585$ corresponde ao tratado no PARSU mais = 13% dos materiais recuperado pelas práticas das Rs. O conceito proposto é representado na Figura 20.

Figura 20 - Representação gráfica do conceito proposto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, a equação de Lixo Zero, na expressão $Z^t - \pi$, onde $Z^t = Lixo\ total$ e $\pi \rightarrow (pi) \rightarrow igual\ a\ 3,1415$ passa a ser expressa como $[Z^t - \varepsilon]$,

A Equação linear para monitorar e dar continuidade ao gerenciamento de RSU pode ser ampliada em (Eq. 7):

$$\text{Equação 7. } Lixo\ Zero = (Z^t - \pi) = \pi[(X * \Delta RO) - (R + PARSU)]^2$$

Onde: $X =$ população estudo (cidade, estado, região, país); $\Delta RO =$ variável de troca, equivale ao Índice de Resíduo Ordinário Ajustado (RO) proposto por Rosales Mendoza *et al.* (2023) igual a 0,97 quilogramas ou metros cúbicas por pessoa por dia; $R =$ práticas das rs no gerenciamento de RSU; e PARSU = Resíduos tratados no Parque de Aproveitamento.

A principal vantagem da rota proposta é a recuperação dos materiais contidos nos RSU, com exceção dos resíduos perigosos que devem ser tratados na incineração, e dos resíduos orgânicos, ainda assim, estes últimos podem são aproveitados para gerar energia.

O modelo (“*Dummy*”) proposto é indicado como (Eq. 8):

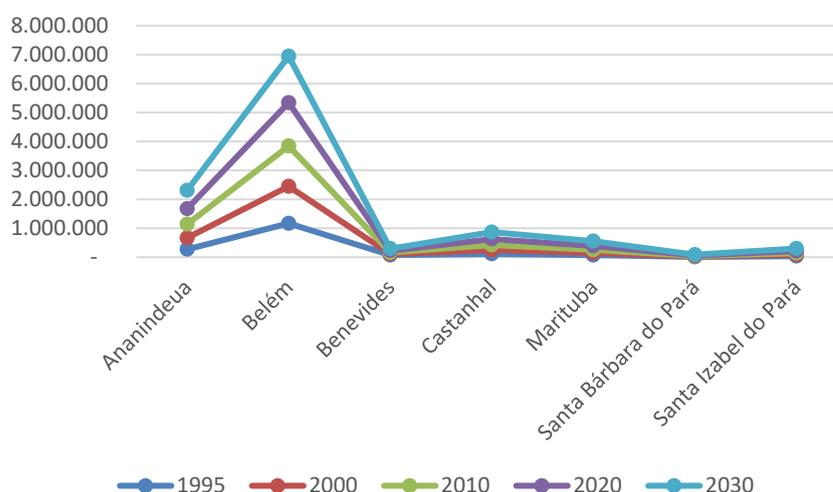
$$\text{Equação 8. } Y = X_0 + (x_1b_1) + (x_2b_2) + (x_3b_3) \dots Dummy$$

Onde: Y = Soma total das observações; x = A população, variável dominante; b = o Lixo Zero ($Z-\pi$).

O impacto da aplicação do modelo proposto parte da análise sem e com modelo, usando os dados da população da RMB no período 1995-2020 com projeção a 2050, os dados usados para gerar a gráfica de análise de sensibilidade sem e com.

A implementação do modelo na operação do PARSU pode ter um alcance maior na RMB, se concentrar diferentes tecnologias, o que aumentaria a capacidade de produção, e os impactos positivos apareceriam rapidamente. O histórico de população ilustrado na Figura 21 (Apêndice 1) indica uma taxa média de crescimento para a região de 51%, ou seja, aproximadamente 2% anual para a RMB no período de 25 anos.

Figura 21 - Métricas da população na RMB (1995-2020).



Taxa de crescimento no período de 25 anos

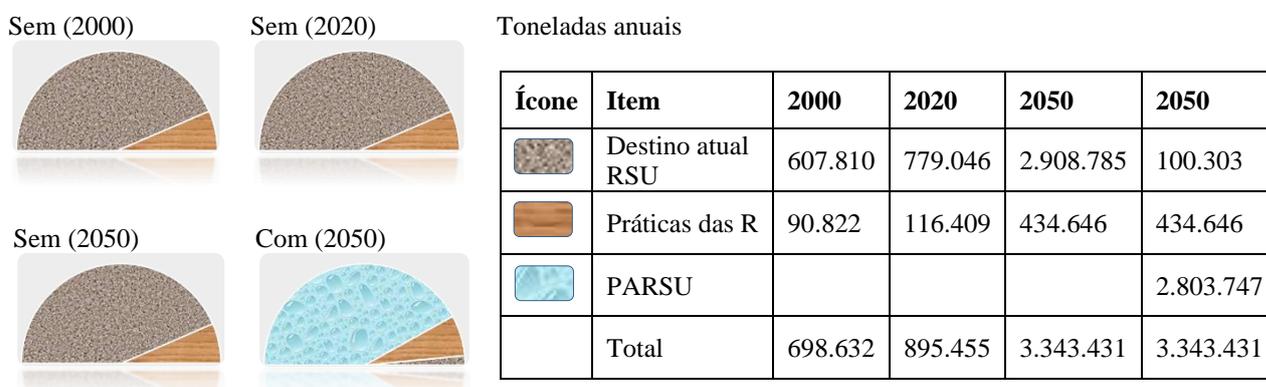
	Ananindeua	Belém	Benevides	Castanhal	Marituba	Sta. Bárbara	Sta. Isabel
Taxa	0,96	0,28	-0,11	0,78	1,52	1,05	0,96
%	96%	28%	-11%	78%	152%	105%	96%
% anual	3,83%	1,14%	-0,43%	3,41%	6,10%	4,18%	3,85%

Fonte: Elaborado pelo autor, dados gerados no SNIS/IBGE.

No período o município de Marituba tem o maior crescimento da região de 1,5 vezes, o município de Belém uma taxa de 28%, e do grupo, chama a atenção o município de Benevides que teve um êxodo de 77.369 Hab. (1996) a 30.254 Hab., em 1997, ao ano 2020 reporta 63.768 habitantes.

Usando as informações geradas no SNIS da quantidade total de população na RMB nos anos 1995 e 2020, e estimando a quantidade de população para o ano 2050 assumindo a taxa de crescimento de 2,04% se construí a análise de sensibilidade e comparativo sem / com. Os resultados para o cenário de gerenciamento de RSU são apresentados na Figura 22, considerando para a acumulação, administração e tratamento dos resíduos urbanos em toneladas para os anos 2000, 2020 e 2050. A vantagem do funcionamento do parque é evidente, no ano 2050 mais de 842 mil de toneladas anuais de lixo que seriam destinados ao lixão, as ruas, rios, oceano, e ao aterro sanitário, poderiam ser recuperadas e transformadas em produtos e serviços, e gerando novas fontes de renda.

Figura 22 - Cenário de gerenciamento de RSU (análise sem e com).



Fonte: Elaborado pelo autor.

O parque teria uma capacidade instalada para processar mais de 16.000 toneladas diárias de lixo misturado, ou seja, o projeto pode alcançar além da RMB outros municípios interessados na presente solução, devido a que a quota da região seja de 2.340 toneladas diárias aproximadamente.

Dentre de alguns dos impactos imediatos da entrada em operação do parque, se encontram:

- Redução e aproveitamento dos gases, convertendo-lhes em energia (gás ou elétrica);
- Preferência de uso por acima do Aterro Sanitário, evitando o acúmulo de lixo, a produção de chorume e a poluição do ar;
- Recuperação e aproveitamento dos materiais contidos nos RSU, transformando-lhes em matéria prima pronta para entrar de novo no comércio;
- Gestão inclusiva, onde todos os atores são parte integral do projeto, governo, entidades públicas, privadas, catadores, universidades;

- e) Operação e gerenciamento se encontram dentro dos parâmetros exigidos pelas Nações Unidas como resposta antropogênica transgeracional aos problemas herdados e por transferir;
- f) O modelo (projeto) se alimenta dos conceitos de economia verde, circular, logística reversa, e implementa ações contidas nas R_s a uma escala maior;
- g) Fornece aos produtores a oportunidade demonstrar seu compromisso ambiental participando com inversão responsável na compra de matéria prima com certificado de fonte renovável;
- h) Reduz a exploração pela busque-a de matéria prima na natureza.

Material e Métodos

A área de análise e aplicação dos dados corresponde a Região Metropolitana de Belém do Pará/Brasil, é formada pelos municípios de Ananindeua, Benevides, Belém, Castanhal, Marituba, Santa Bárbara do Pará e Santa Isabel do Pará. Os dados históricos do IBGE (2022) da população da RMB no período 2000-2020 organizados por município se mostram na Tabela 11 e 12, apresentam uma taxa de crescimento meio de decanal, a taxa por município é usada para projetar a população ao ano 2050.

Tabela 11 - Dado históricos e crescimento decanal da RMB.

Município	Dados históricos IBGE			Futuro
	2000	2010	2020	2050
Ananindeua	393.569,00	471.980,00	535.547,00	831.892
Belém	1.280.614,00	1.393.399,00	1.499.641,00	1.818.465
Benevides	35.546,00	51.651,00	63.768,00	91.596
Castanhal	134.496,00	173.149,00	203.251,00	315.334
Marituba	74.429,00	108.246,00	133.685,00	228.628
Santa Bárbara do Pará	11.378,00	17.141,00	21.449,00	38.618
Santa Isabel do Pará	43.227,00	59.466,00	71.837,00	120.273
	1.975.259	2.277.042	2.531.198	3.446.836

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 12 - Dado históricos e taxa de crescimento decanal da RMB.

Município	Dados históricos IBGE			Futuro
	Taxa de crescimento			Meia decanal
Ananindeua	0,22	0,20	0,13	0,18
Belém	0,05	0,09	0,08	0,07
Benevides	- 0,25	0,45	0,23	0,15
Castanhal	0,09	0,29	0,17	0,18
Marituba	0,02	0,45	0,24	0,24
Santa Bárbara do Pará	0,04	0,51	0,25	0,27
Santa Izabel do Pará	0,09	0,38	0,21	0,22

Fonte: Elaborado pelo autor.

A contextualização do aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos sólidos é abordada, desde o estudo das soluções baseadas na resiliência da natureza, o desenvolvimento da humanidade e geração dos resíduos sólidos, as práticas transgeracionais no gerenciamento dos resíduos sólidos, as melhores práticas de aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos sólidos, a evolução da normativa no Brasil, a aplicação da normativo país na Região Metropolitana de Belém do Pará, e o panorama da interação entre os usuários, a revisão bibliografia realizada nas bases de dados de SCOPUS, SCIENCEDIRECT, ESBCO, GOOGLE-ACADEMIC no período 2018-2022.

A conceitualização (modelagem) das rotas dos resíduos sólidos urbanos atual e proposta (Parque de Aproveitamento do Resíduos Sólidos Urbanos (PARSU)), são produto da análise pelo método adutivo aplicando os procedimentos e técnicas propostas por Rosales Mendoza e Lima (2022), os resultados foram os insumos na construção dos mapas conceituais feitos com o software de CMAPS do IHMC (2022).

A produção de RSU na RMB foi calculada usando o índice de resíduos ordinários ajustado proposto por Rosales Mendoza *et al.* (2023). A estimativa no estado atual do destino dos RSU é calcula com a equação 9.

$$\text{Equação 9. Lixo Zero} = (\mathbb{Z} - \pi) = [(X * \Delta RO) - ((\mathcal{DF} - \mathbb{Z}\pi) + \mathbb{R})]^2$$

Onde:

\mathbb{Z} = Lixo total = $(X * \Delta RO)$; π = à porcentagem de incerteza igual a pi (3,1415); X = quantidade da população; ΔRO = o índice de resíduos ordinários ajustado; \mathcal{DF} = Destinação final; e \mathbb{R} = Reciclagem, recuperação, reuso, reduzir, reutilizar, recusar, ...

A estimativa da nova rota tecnológica ou modelo proposto, concentra-se na equação 10.

Equação 10. *Lixo Zero* $\mathbb{Z}^0 = (\mathbb{Z}^t - \pi) = \pi[(X * \Delta RO) - (PARSU + \mathbb{R})]^2$

Onde: *PARSU* = Os materiais tratados no Parque de Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos.

O cálculo da porcentagem dos materiais contidos nas \mathbb{R} é resultado da meia simples desde 1989 até 2005 segundo o registro de diferentes autores como Milke e Aceves (1989), López (2009), Poletto e Silva (2009), Botero e García (2011), Durán (2013) e Sáez, Urdeneta e Joheni (2014) os quais classificaram ou agruparam esses materiais em: orgânicos, metal, papelão, plástico, vidro, têxteis, entulhos e outros, não incluem os resíduos perigosos que têm outros tratamentos.

O objetivo é construir o modelo Dúmy ou Dummy baseado na equação 11, que pôde-se escalar, repetir em outros lugares.

Equação 11. $Y = X_0 + (x_1 b_1) + (x_2 b_2) + (x_3 b_3) \dots$ Dúmy

Onde:

Y = Soma total das observações; x = A população, variável dominante; b = o *Lixo Zero* $\mathbb{Z}^0 = (\mathbb{Z}^t - \pi)$

Resultados e Discussão

A abordagem das soluções baseadas / inspiradas na natureza é importante devido a característica ou propriedade resiliente evolutiva, ou seja, a essa flexibilidade e capacidade de resposta e adaptação as mudanças, mostra disso é a decomposição da matéria gerando sempre produtos e serviços ecossistêmicos, nessa observação é abordado o conceito da economia circular, principalmente, o uso permanente dos recursos materiais. Assim justificasse a abordagem planetária resiliente, tanto, para enfrentar as condições herdadas como aos riscos futuros proposto por autores como Destoumieux-Garzón *et al.* (2022), Mansur *et al.* (2022), Blanco *et al.* (2022) e Stroud *et al.* (2022).

O desafio é para a humanidade, que precisa de encontrar as formas e maneira de construir soluções objetivas, não casuísticas e sim responsáveis com participação cidadã multidisciplinar. Segundo o Ghermandi *et al.* (2022), Jaung e Carrasco (2022) e Mansur *et al.* (2022) existe na tecnologia essa oportunidade, a possibilidade de aplicar software e aplicativos para examinar e extrair informações qualitativas e quantitativas multidisciplinares e misturá-las para encontrar possíveis causas ou efeitos que facilitem encontrar o caminho na construção de soluções.

Um das dessas ferramentas tecnológicas foram testadas por Rosales Mendoza *et al.* (2023), procurando uma possível relação entre a geração de resíduos e o desenvolvimento da humanidade, usando a estatística multivariável a milhares de dados quantitativos e qualitativos processados nos softwares de IBM SPSS e IRAMUTEQ respectivamente, achasse que o acesso as tecnologias de comunicação representadas pelo aparato celular podem explicar tanto a evolução da humanidade como a geração dos resíduos no mundo, inclusive a consequência do impacto do acesso aos serviços públicos.

A informação anterior pode colaborar no construto de soluções inspiradas e baseadas na natureza, especialmente, na característica resiliente da matéria, esse poder transformador e a capacidade de se adaptar as mudanças. Relacionando esse fato com os resíduos gerados nas cidades é inevitável se perguntar como a humanidade pode aproveitar esses materiais. As observações de Artemov *et al.* (2021), Brüll (2022), Born e Laniesse *et al.* (2021), Qiu *et al.* (2021), Tiwari e Saha (2021), Slobodyuk *et al.* (2021) e Xu *et al.* (2022) relacionadas com as grandes massas, corrosão de materiais, emissão de gases provenientes dos grandes e saturados aterros sanitários são exemplos da preocupação pela poluição mundial que atinge até os mares.

O assunto da poluição não é uma novidade, muitas gerações têm batido com as dificuldades que geram os resíduos, no princípio da história na aparência foi fácil resolver com uma fossa para depositar os materiais orgânicos, nela sofreram a decomposição, outros foram queimados, mas como foi crescendo as grandes concentrações de pessoas e sem ordenamento de ornato e saúde, a convivência resulto em grandes problemas sociais como aconteceu na idade meia, onde, os cidadão sofreram pela contaminação das estradas e ruas, o problema acrescento com a evolução, o acesso aos serviços públicos, e o uso dos produtos tecnológicos da comunicação.

Na frente da situação, sem sé o foco principal desde princípio do século XX e até 2023 se promovem iniciativas de sensibilização universal relacionadas com os impactos transgeracionais provocados pelas ações do gênero humano, as consequências evidenciadas na mudança climática, o aquecimento global, os eventos extremos, a contaminação terrestre, o poluição do ar, e o desabastecimento dos recursos naturais, adotasse o conceito da era do antropoceno, o que obedece a assumir por parte das Nações Unidas, a responsabilidade transferida a geração presente, do disfrute de nossa casa comum “o planeta Terra” sem comprometer o disfrute das gerações.

As iniciativas têm incluído os conceitos das “Rs”, inicialmente, abordados como uma moda, posiciono se como um acionar filosófico, focado na atenção dos materiais recuperáveis (valorizáveis), promovendo uma série de mudanças nas políticas públicas, a normativa, nas

trocas sociais e econômicas provocando conceitos da economia circular, logística reversa ou inversa, economia verde, e somaram-se novas como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Ademais, adicionassem diferentes iniciativas de aproveitamento desses materiais valoráveis como por exemplo: o caucho, o vidro, alguns plásticos, alguns entulhos, o alumínio, o cobre, o assunto é que elas se encontram disseminadas gerando e enfrentando dificuldades específicas que impedem e comprometem o desenvolvimento e por enquanto o êxito.

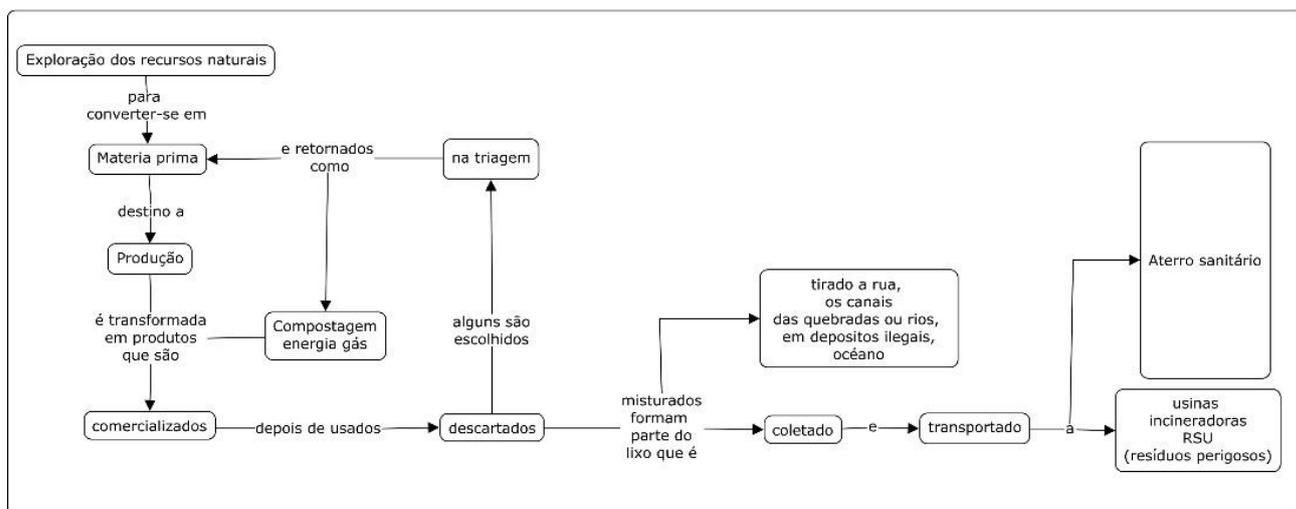
A realidade é que praticamente em três décadas a porcentagem de materiais recuperados é de aproximadamente o 13% sem ter variações importantes, as práticas ancestrais de fazer buraco e queimadas continuam prevalecendo por acima da filosofia do aproveitamento circular dos materiais, o que faz pensar, como menciona Palmer (2023) no utópico e romântico da proposta.

A preocupação e o utópico se pode evitar, se a humanidade consegue propor uma modelagem integral cíclica de uso dos materiais em qualquer dos estados em que se encontra reduzindo as vulnerabilidades socioeconômica-ambiental, o modelo deve incluir as melhores práticas de administração, tratamentos e principalmente de aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos.

No Brasil, a normativa e política nacional tem evoluído fornecendo ferramentas valiosas na criação de instrumentos para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, respeitando a ordem de prioridade de ações (não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos), ressaltando o apoio na adoção de tecnologias para à recuperação e aproveitamento dos resíduos que incluem a geração de energia alternativa (MMA, 2020).

Na Figura 23 apresenta a conceitualização proposta para a rota tecnológica atual de destinação final de resíduos sólidos, iniciando na exploração dos recursos em seu estado natural para converter-se em matéria prima de produtos comercializados, depois de usados, descartados.

Figura 23 - Conceitualização da rota atual para a destinação dos resíduos sólidos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A preferência pelas plantas de incineração dos países com grandes massas de população responde pela redução do volume dos resíduos tratados de 100% a 5%, não em tanto, o principal questionamento para sua implementação e uso, é a emissão de gases tóxicos para atmosfera (Ferrari; Andrade 2021; Pinto *et al.*, 2022). Porém é uma solução acertada enquanto a resíduos hospitalares se refere e deveria ser incluído os resíduos hospitalares-domiciliares que no momento são misturados com os ordinários.

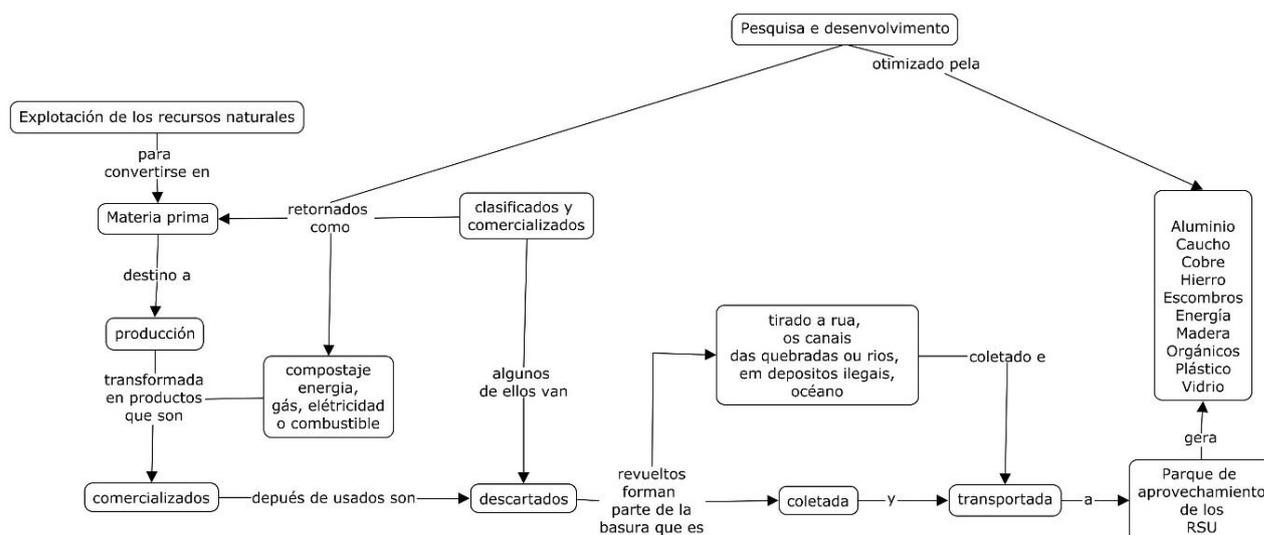
A prática da separação dos resíduos orgânicos para um tratamento de biodigestores ou a transformação em adobo pelo meio do compostagem, o que permite aproveitar o conteúdo nutricional da fração orgânica gerando produtos com alto valor agregado (Vargas-Pineda, 2019; Gonzáles-Jiménez; Villalobos-Morales, 2021). Os resíduos orgânicos representam um 51% do total do lixo, pese a vontade de sua recuperação e reutilização também segue-se misturando com os outros materiais nas sacolas de lixo, seja, industrial, empresarial e com certeza domiciliar.

Na dinâmica socioeconômica imposta pelas práticas das Rs os grupos vulneráveis da sociedade têm encontrado uma oportunidade, a dedicar-se à triagem e a comercialização dos materiais, ainda favorecidos pela normativa carecem da formação para aplicar aos benefícios propostos (Cruz *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2022). Os entrevistados falaram da necessidade da formação, para alguns desde aprender a lê e escrever e para outros até receber orientação psicológica, sem ser está orientação a última coisa que requerem.

Usando como base o esquema da rota tecnológica atual para o gerenciamento dos RSU, troca-se o uso do aterro sanitário pela implementação do Parque de Aproveitamento (PARSU)

(Figura 24) que inclui o uso de uma planta processadora dos resíduos que além de triturar faz automaticamente a triagem dos materiais e os dispõe separadamente em usinas, ou os leva para tratamentos específicos, como é o caso dos materiais orgânicos para convergir-lhes no processo da compostagem em adobo, ou para gerar energia gás-elétrica.

Figura 24 - Rota tecnologia proposta para o modelo de aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Recuperados e separados os materiais se transformam em matéria prima para a produção. A estimativa é recuperar o 83,85% do 100% dos resíduos na atualidade com destino legal ou ilegal e buscar sua transformação em produtos de compra e uso preferencial, incentivando ao usuário a ter um comportamento responsável pautado na sustentabilidade, com impacto ambiental positivo transgeracional, seriam as chamadas de compras verdes, inteligentes, responsáveis. Assim, a equação de Lixo Zero, na expressão $[Z^t - \pi]$, onde " Z^t " é Lixo Total, e π (pi) igual a 3,1415; passa a ser expressa como $[Z^t - \pi = (\mathbb{R} + (PARSU - Z^t\pi))]$.

A partir da separação de materiais na fonte (vidro, plástico, papelão, entulhos, alumínio), a indústria tem gerado uma série de produtos de uso comum, como por exemplo: cerâmica, madeira plástica, seixos, garrafas, e materiais de construção de estradas.

Como observaram Huamán (2021), Muñoz; Aimacaña e Lema *et al.* (2021) e Terrones *et al.* (2022) o uso do vidro no concreto reciclado é usado com êxito na estabilização e aumento da capacidade de carga dos solos argilosos, também, na elaboração de colunas de concreto e pisos, reduzindo os custos; a reciclagem do plástico usando a técnica do aquecimento, aunado ao processo de extrusão gera produtos bem-sucedidos no mercado (Diaz *et al.*, 2022; Posada;

Montes-Flores, 2022). Inclusive a borracha reciclada proveniente dos pneus é usada convenientemente na modificação do pavimento, e usado na produção de vasos (Bernal-Figueroa *et al.*, 2021; López; Razo, 2022).

São exemplos claros que é possível os aproveitamentos dos materiais contidos nos resíduos sólidos. É claro a possibilidade de estabelecer olhares alternativos como foi expresso por Amaral e Arias (2022). Observando detentivamente a natureza é quase impossível deixar passar por alto a capacidade de resiliência dela, como ela se adapta as mudanças com grande facilidade e converte um descartável num novo produto seja vivo ou inerte com impactos ecossistêmicos nessa inspiração é que nasce a nova rota do modelo de aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos sólidos, inicialmente, os urbanos.

O cenário da aplicação do modelo (“Dumy”) proposto na RMB, se revela na Figura 27, no gráfico solar é possível observar tanto a produção por município de RSU, no caso da porcentagem identificada como resgatado com destino as ruas, estradas, canais, depósitos ilegais e legais e classificado em papelão, plástico, têxteis, vidro, entulhos, metal e orgânicos.

Além disso mostram-se os cenários com e sem o PARSU, sem é a rota atual; com é a rota proposta, aproximadamente 2 milhões de toneladas anuais poderiam mudar de destino, incorporando-se ao ciclo econômico social – solidário de economia verde, comércio justo e principalmente de Desenvolvimento Sustentável.

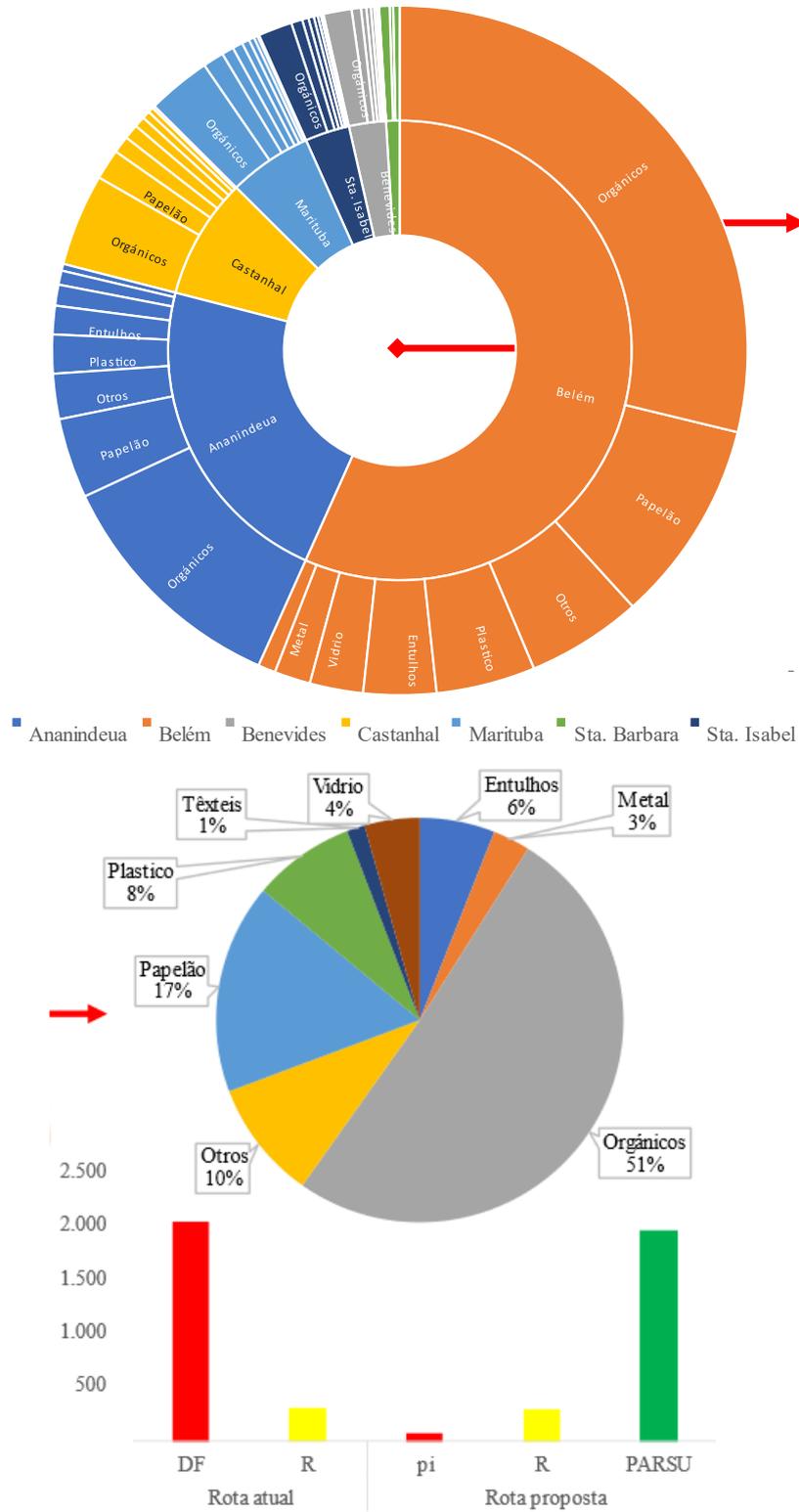
Segundo Milke e Aceves (1989), López (2009), Botero e García (2011), Durán (2013) e Sáez, Urdaneta e Joheni (2014) a principal composição dos materiais recuperados com sua porcentagem antes da chegada ao lixão são: orgânicos (51%), papelão (17%), outros (10%), plástico (8%), entulhos (6%), vidro (4%) e têxteis (1%), esses números ne tão confiáveis para autores como Poleto e Silva (2009) e EPA (2020) que consideram importante a diferenciação de materiais como o isopor, os eletrônicos, os farmacêuticos (médicos) usados no lar.

A aplicação das R desenvolve de uma dinâmica socioeconômica, especialmente, nos grupos mais vulneráveis da sociedade, hoje dedicados a triagem e a comercialização dos materiais com apoio da normativa, mais com uma série de condições de fraqueza no desenvolvimento educativo, financeiro e de organização em grupos (Cruz *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2022).

Os participantes da coleta seletiva sofrem com a subsistência, uma grande porcentagem em vulnerabilidade social extrema, expostos a doenças e a estigmas sociais, ademais, os centros de trabalho e de operação ficam em condições deploráveis com grande necessidade de melhoras na estrutura física para o armazenamento e tratamento dos resíduos recicláveis (Aguiar *et al.*,

2020; Carmadelo; Ferri, 2020; Shinohara *et al.*, 2020). Na Figura 25 pode-se reconhecer que no processo de destinação final (DF).

Figura 25 - Destino dos materiais contidos nos resíduos sólidos urbanos na RMB.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os materiais recuperáveis representados pela cor amarelo, é uma situação mantida desde a incorporação da filosofia das Rs no mundo. Logo na nova rota tecnologia proposta é importante sinalar que esses materiais no DF (vermelho) em outrora não valorizados converte-se novamente em produtos comerciáveis de maneira cíclica no PARSU.

Conclusões e Recomendações

A inspiração do modelo nasce na propriedade resiliente da natureza, essa capacidade de se adaptar e transformar incluso de aproveitar a decomposição, sempre em produtos e serviços ecossistêmicos, ou seja, de uso permanente no meio ambiente, nela nada é descartável e sim 100% útil. Sendo um sucesso na natureza é bem pensar no êxito transgeracional da humanidade aplicando os mesmos princípios e fatos circulares, onde, todos os atores são beneficiados.

Existe uma grande oportunidade em fazer uma realidade o conceito do Desenvolvimento Sustentável no construto de soluções baseadas na natureza, especificamente, nos resíduos, iniciando com os sólidos, é possível gerar oportunidades para os atores e se organizar para resolver um problema que atinge ao mundo, problema com soluções disseminadas o que produz poco impacto, mas grudadas podem ter um impacto favorável mundial.

É evidente que existem no mundo práticas adequadas de aproveitamento de alguns materiais chamados valorizáveis que de não existir as práticas globalizadas das R teriam no melhor dos casos, o destino legal do aterro sanitário no contrário nas ruas, os canais, nos rios, no mar ou outras, essas boas práticas podem-se reunir para criar o modelo cíclico de aproveitamento dos materiais não valorizáveis impactando a economia, a sociedade e a natureza.

Na maior escala de volume de resíduos identificam-se três aprendizados de tratamento: a) destino nos aterros sanitários; b) usinas de incineração; e c) bioenergia (gás e compostagem) esta última usada em menor escala, a adoção das práticas das 3, 4 ou 5R (Rs) pela comunidade internacional tem um valor maior, quando se junta as propostas da economia circular, a responsabilidade social empresarial (RSE), aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, a Agenda 2050, no fim na luta por aprimorar o Desenvolvimento Sustentável.

Em 30 anos o impacto da implementação das Rs (reduzir, reciclar, reutilizar, repensar, recusar, ...) é do 13% dos materiais recuperados desde a geração na indústria, o lar e antes de chegar ao lixão, porém a caracterização, as métricas, e a composição são confusas provocando conflito de interesses entre alguns dos atores, principalmente, entre os catadores e atravessadores ou intermediários, inclusive ao interno das organizações na tentativa de se aproveitar uns dos outros.

A idealização do Parque de Aproveitamento dos Resíduos Sólidos (PARSU) forneceria uma solução trans geracional a dificuldade de lidar com os resíduos inicialmente nas cidades, se propõe captar todo o lixo possível para ser processado e convertido em produtos e serviços comercializáveis no mercado de maneira cíclica, o destino de recursos pelos serviços prestados à pesquisa e desenvolvimento é de vital importância para atender as necessidades da sociedade, a economia e a natureza.

O modelo da rota tecnológica visa a aproveitar o 96,85 % dos resíduos quando associados as práticas das R, detalhes por cada um dos materiais serão possíveis e certos com a aplicação da tecnologia no PARSU, como possível é a oportunidade de formar e capacitar aos atuais catadores em novos profissionais da indústria gerando empregabilidade verde.

Os descartáveis que ficam nas ruas, depósitos ilegais, canais, rios, no oceano, poderão ser recuperados e levados para o melhor destino, o que produzira cidades limpas, uma sociedade responsável no meio do Desenvolvimento Sustentável.

Para futuros cálculos na administração e tratamento dos resíduos sólidos propõe-se o uso na equação do LIXO ZERO = $[Z^t - \pi = (PARSU + \mathbb{R} - Z^t\pi)]$, no processo fornecer e facilitar os instrumentos, procedimentos, atividades e tarefas necessárias para o financiamento, operação, manutenção, a pesquisa e desenvolvimento, as alianças estratégicas inclusive os consórcios municipais.

No caso da Região Metropolitana de Belém, Pará/Brasil a implementação poderia recuperar ciclicamente mais de dois mil toneladas de materiais anuais, na atualidade sem valor e com efeitos acumulativos.

Referências

AGUIAR, E. S.; RIBEIRO, M. M.; VIANA, J. H.; PONTES, A. N. Diseases related to inadequate environmental sanitation and socioeconomic indicators in the Brazilian Amazon. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 9, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7302>

ALMEIDA, M. G.; BARROS, H. M. The use of appropriation mechanisms in collaborative innovation projects in enterprise information technology services. *Brazilian Journal of Innovation*, v. 1, n. 21, p. 1-37 2022. <https://doi.org/10.20396/rbi.v2i00.8663845>.

AMARAL, A. J. M. S.; ARIAS, L. M. B. The possible future: against narratives of development and sustainability in Latin America in the context of the pandemic of the COVID-19. *Ánfora*, v. 29, n.52, p. 94-123, 2022. <https://doi.org/10.30854/anf.v29.n52.2022.804>

BARRIO D. Paper and cardboard recycling holds out in the year of the pandemic. *Industri Ambiente*, v. 1, n. 1, p. 1-3, 2021. Acesso em 18 de julho de 2022.

BAQUE, S.; CASAGUALPA, A.; GALLARDO, L. Climate Change Mitigation and Grassroots Recyclers, Case Study: Carbon Footprint of Aluminum Recycling in Ecuador. *Ecuadorian Science Journal*, v. 5, n. 3, p. 84-98, 2021. <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.146>

BAUTISTA, M. C. C.; GARCÍA, A. R.; IZAGUIRRE, K. J. S.; BARRÓN, F. C. A.; VEGA, E. E. V.; PAT, F. N. Aluminum recycling and its contribution to energy: case FCITEC-UABC. *Brazilian Journal of animal and Environmental Research*, v. 4, n. 2, p. 2258-2267, 2021. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n2-056>.

BERNAL-FIGUEROA A. A.; ROCHA-GIL Z. E.; MEDINA-MORENO J. T.; CASAS-MATINEZ Y.; BUITRAGO-RAMÍREZ L.P. Management of used tires in the city of Tunja Boyacá Colombia. *News & Scientific Dissemination*, v. 24, n. 1, p. 1-9, 2021. <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n.1.2021.1627>.

BOTERO, C. M.; GARCÍA, L. C. Quantification and classification of solid waste in tourist beaches, evaluation in three beaches of Santa Marta, Colombia. *Colacmar*, 14, v.1 n.1, p. 1-3, 2011. Acesso em: 23 de maio de 2022.

CARMADELO, A. M. P.; FERRI, C. Recycled lives: vulnerability and social risk from narratives of solid waste pickers from Southern Boxes. *Journal of environmental law and society*, v. 10, n. 2, p. 7-34, 2020. Acesso em 14 de Janeiro de 2020.

CRUZ, J. F. O.; TERRONES, M. E. S.; PUENTE, E. E. R.; SILUPU, W. M. C. Economy circulates waste electrical and electronic equipment. *Journal of Social Sciences RSC*, v. 25, n. 4, p. 196-208, 2019. Acesso em 23 de maio de 2021.

DIAZ, M. O.; ROJAS, D. S. R.; ROSALES, Z. E. G.; MEZA, J. K. S.; YEPES, D. O. Natural fiber and recycled polymer composite materials: blends, pretreatments, coupling agents and mechanical properties – a review. *Advances Research in Engineering*, v. 19, n. 1, p. 1-18, 2022. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.7579>.

DURÁN, C. E. S.; ROSALES, P. H.; FERNÁNDEZ, S. M.; PIMIENTA, J. A. P. 2013. Physical characterization of municipal solid waste and the added value of recoverable materials at the El Iztete landfill in Tepic-Nayarit, Mexico. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, v. 1, n. 293, p. 25-32, 2013. Acesso em: 26 de dezembro de 2019.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY-EPA U.S. *Best practices for solid waste management: a guide for decision makers in developing countries*. EPA 530-R-20-002-S. *Office of Resource Conservation and Recovery*, 2020.169 p. Acesso em: 3 de Janeiro de 2022.

ESPASADIN, J.M.; CANTEROS, O.J. S.; BARABAS, L.G.; MALACHEVSKY, M. Obtaining metallic foams using commercial aluminum as the main metal and recycled with various foaming agents. *Journal Technology and Science*, v. 1, n. 43, p. 19-35, 2022.

FERRARI, R. A.; ANDRADE, E. S. Solid waste incineration for energy recovery and its environmental impacts: a review study in Brazil. *UERG*S, 2021. 17 p. Acesso em: 5 de Agosto de 2022.

GONZÁLES-JIMÉNEZ, Y.; VILLALOBOS-MORALES, J. Environmental management of organic waste: state of the art of generating composting from solid waste from grease and oil systems. *Technology Magazine in Progress*, v.34, p. 11-22, 2021. Acesso em: 9 de setembro de 2022.

GRAÇA, J. K.; HATAISHI, L. A.; GRAÇA, J. K.; TESSAROTTO, A.; BATISTELA, V. R. Traditional and emerging barium removal techniques for water and wastewater treatment. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 2, p. 1-11 2022 <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25809>.

HALL-LÓPEZ, J. A. Didactic experience in physical education to improve attitudes towards caring for the environment using recycled paper and cardboard as a resource in future professionals of physical activity and sport. *Multidisciplinary Journal of Education*, v. 14, n. 29, p. 1-11, 2021.

HUAMÁN, D. J. P. Use of concrete and recycled glass in the carrying capacity of clay soils: a literary review. *Equatorial Soils*, v. 51, n. 1, p. 119-132, 2021 https://10.47864/SE512021p119-132_131.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFICA E ESTATÍSTICA-IBGE. *Population estimates as of July 1. 2021*. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>. Acesso em: 7 de novembro de 2022

INSTITUTE OF APPLIED ECONOMIC RESEARCH-IPEA. *Only 13% of municipal solid waste in the country goes to recycling*. News IPEA, 2017 https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=29296:apenas-13-dos-residuos-urbanos-no-pais-vaio-para-reciclagem&catid=1:dirur&directory=1 Acesso em: 7 de fevereiro de 2023

INSTITUTE OF APPLIED ECONOMIC RESEARCH-IPEA. *Identification and characterization of inter federative relations in the metropolitan region of Belém*, Metropolitan Governance Project in Brazil. 2021. 38 p. Acesso em: 7 de janeiro de 2023

INSTITUTE OF APPLIED ECONOMIC RESEARCH--IPEA. *Regional, urban, and environmental newsletter*. 2022. 216 p. <https://dx.doi.org/10.38116/brua25>

INSTITUTE OF APPLIED ECONOMIC RESEARCH--IPEA. Spatial distribution of sociodemographic characteristics and location of jobs and public services in the twenty largest cities in Brazil. *Text for Discussion*, n. 2772, 20 p. 2022 <https://www.ipea.gov.br/acessoportunidades/> Acesso em: 17 de janeiro de 2023

LÓPEZ, J. L. F. *It is a study of characterization of solid waste, District Municipality of Las Lomas. Project LIC2-120FPA: implementation of the integrated management system of urban solid waste in the district of las Lomas*. 2009.104 p. Acesso em: 17 de março de 2023

LÓPEZ, V. P.; RASO, M. D. C. Economic analysis of products from recycled, pneumatic green recycling case. *Res Nn Scientific Journal Budget*, v. 12, n. 1, p. 158-176, 2022 <https://doi.org/10.21855/resnoverba.v12i1.618>

MELLENDEZ, J. R.; DELGADO, J. L.; CHERO, V.; FRANCO-RODRÍGUEZ, J. Circular economy: a review from business models and corporate social responsibility. *Venezuelan Journal of Management*, v. 26, n. 6, p. 560-573, 2021 https://doi.org/10.52080/rvgluz.26e6_34.

MILKE, M. W.; ACEVES, F. J. Systems analysis of recycling in the Distrito Federal of México. Resources. *Conservation and Recycling*, v. 1, n. 21, p. 171-197, 1989. Acesso em: 23 de maio de 2023.

MOROCHO F. R. A. The circular economy as a factor of sustainable development of the productive sector. *INNOVA Research Journal*, v. 3, n. 12, p. 78-98, 2018 <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n12.2018.786>

MUÑOZ, N. M.; AIMACAÑA, D. S. L.; LEMA, S. P. R. Packaging, packaging, and environment. Recycling systems for glass, paper, cardboard, and wood waste. 2021. <http://hdl.handle.net/10251/167257> Acesso em: 8 de julho de 2022.

POLETO, J. A.; SILVA, C. L. Influence of the separation of municipal solid waste to recycling in the incineration process with energy generation. *Information Technology*, v. 1, n. 202, p. 105-112, 2009. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.4062it.08>

POSADA, J. C.; MONTES-FLORES, E. Review: biodegradable polymeric materials and their application in different industrial sectors. *Technical Informant*, v. 86, n.1, p. 94-110, 2022.

ROSALES MENDOZA, R.; LIMA, A. M. The Abductive Method to Generate Polymath Knowledge in Technical-Scientific Production. *Civil Eng Res J.*, v.133, e555864, 2023. <https://doi.org/10.19080/CERJ.2022.13.555864>

ROSALES MENDOZA, R.; LIMA, A.M.; PIMENTEL, M.A.; PONTES. A. N.; ROCHA, E. World development and generation of waste. *Environ Sci Pollut Res* v. 30, n. 1, 14792–14804, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23106-5>.

SÁEZ, A.; URDANETA, G.; JOHENI, A. Solid waste management in Latin America and the Caribbean. *Omnia*, v. 1, n. 20 3, p. 121-135, 2014.

SANTOS, R. C.; SALOMÃO, M. A.; OLIVEIRA, A. R. S.; CASTAÑON, J. A. B. Smart cities: a global panorama of disaster resilience. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 7, 2022 <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i7.30327>

SEGURA A. M.; ROJAS L. A.; PULIDO Y. A. Global references in solid waste management systems. *Journal Space*, v. 41, n. 17, p. 22-35, 2020.

SHINOHARA, N. K. S.; SILVA, M. K. G.; PEREIRA, J. L. A.; MACEDO, I. M. E.; MORAES, C. R. L. 2020. Social profile and diseases in solid waste pickers in a metropolitan region. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 5, p. 24820-24837, 2020. Acesso em: 20 de março de 2023.

TERRONES, L. A. S.; ABANTO, R. W. S.; JARA, M. A. S.; MONDRAGÓN, J. E. Z. Effect of using recycled glass in concrete design. *University and Society Magazine*, v. 14, n. 1, p. 179-192, 2022. Acesso em: 19 de maio de 2023.

VARGAS-PINEDA, O. I.; TRUJILLO-GONZÁLEZ, J. M.; TORRES-MORA M. A. Composting, an alternative for the use of organic waste in supply centers. *Orinoquia*, v. 23, n. 2, p. 123-129, 2019 <https://doi.org/10.22579/20112629.575>

CAPÍTULO V CONCLUSÕES

A análise utilizando estatística multivariada aplicada dos dados quantitativos da BIG DATA do Banco Mundial nas décadas de 1990-2020 e dos dados da OECD no período 1960-2020 com projeção ao 2050, relacionada ao consumo de produtos e a geração de resíduos possibilitam a compreensão tanto do desenvolvimento da humanidade, quanto da produção de lixo (resíduos) no mundo.

Os resultados quantitativos incentivam o interesse em conhecer os insumos dos dados qualitativos, por enquanto, foram usados os dados de texto oriundos dos artigos científicos publicados no período 1996-2020 no SCOPUS e processados no software IRaMuTeQ. Estes apontam que as tecnologias de comunicação explicam em grande parte a produção de lixo (resíduos) no mundo. A tese inicial foi que o poder aquisitivo teria uma alta influência na geração ou produção dos resíduos, porém os resultados mostram que o acesso aos serviços públicos é o principal incentivador do consumo.

A construção do modelo sustentável de Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (ARSU) atende aos requerimentos técnicos-legais, aos Acordos e Tratados Internacionais e a legislação federal brasileira (estadual e municipal), resultando numa série de oportunidades para as parcerias público-privadas, indicando que a tendência para a administração e tratamento dos resíduos urbanos é realizar trabalhos de consorcio municipal até interestadual.

Porém a dificuldade permanece firme pelas diferentes posições no referente a locação dos aterros sanitários, o que na aparência é a única e melhor solução para a administração e tratamento dos resíduos sólidos das cidades, uma vez que sempre irão ocorrer limitações: poluição do ar, do solo, da água, vetores de doenças, conflitos sociais. A ausência desta alternativa faz com que o lixo continue sendo depositado em aterros comuns colapsados (ao topo de sua capacidade), em nas ruas, canais, rios, depósitos ilegais, na estrada, nas praias e até no oceano.

Ao identificar as melhores práticas ou práticas adequadas para a recuperação e reutilização dos materiais contidos nos resíduos, e recebendo inspiração da característica ou propriedade resiliente da natureza, de como ela consegue transformar o que para ser humano é um descartável em um novo produto com serviços ecossistêmicos, é possível concluir que há possibilidade de aplicar-se o modelo proposto (zero lixo menos *pi*), como uma forma de solução de um problema transgeracional, impactando favoravelmente a sociedade.

A tecnologia existente é suficiente para materializar a modelagem matemática no Parque de Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (PARSU), em consequência se favorece as

condições para a economia verde, social e solidária, onde, os resultados são expostos na condição dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e outros indicadores de monitoramento, como por exemplo: quantidade por tipo de material recuperado e aproveitado, quantidade de pessoal com emprego verde, quilômetros de ruas e estradas limpas.

A avaliação dos possíveis impactos da aplicação do modelo de ARSU na Região Metropolitana de Belém (PA), Brasil no período 1991-2020 com cenarização ao 2050, revelam a possibilidade de tornar-se uma cidade modelo de *primer ordem* na limpeza, a posicionando no mundo como a primeira região com economia circular, com os mais altos indicadores positivos de Desenvolvimento Sustentável, aproveitando o 96,85% dos materiais contidos nos resíduos convertendo-lhes em produtos e serviços como: energias limpas, educação ambiental, materiais e insumos para a construção.

Cidades limpas de *primer ordem* são possíveis com a implementação e operação do modelo sustentável resiliente proposto, a rota tecnológica e de educação para o aproveitamento dos materiais contidos nos resíduos é técnica-científico e legalmente viável no PARSU. Graças a capacidade do alto volume de processamento de materiais, sua implementação e operação na Região Metropolitana de Belém sugere um acordo intermunicipal, interestadual, até Inter Federativo para usá-lo como destino ideal ou de preferência dos materiais chamados até hoje de não aproveitáveis.

REFERÊNCIAS

- ABARCA-GUERRERO, L.; MAAS, G.; HOGLAND, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Tecnología en Marcha*, v. 28, n. 2, p. 141-168, 2015. Disponível em: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822015000200141&lng=en&nrm=iso. Acesso em 24 de outubro de 2022.
- ABRELPE ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021*. [S.l.], 2021. 54 p. Acesso em: 9 de julho de 2022.
- ADRIATO, M. F.; CASTELHO, M. L. Analysis of the sustainability of select recyclable materials cooperatives alternatives for the treatment of urban solid waste. *Acta Scientiarum Human and Social Sciences*, n. 42, p. 1-12, e771997302, 2020. Acesso em: 23 de novembro de 2021.
- ACORDO DE ESCAZÚ- AE. *Acordo regional sob o acesso a informação, participação pública e acesso à justiça em assuntos ambientais na América Latina e Caribe*. [S.l.], 2018. 39 p. Acesso em 16 de setembro de 2020.
- ACUÑA O. A. C. Comparación de los impactos ambientales ocasionados por la técnica de incineración y rellenos sanitarios para la gestión de residuos sólidos. *Ingeniería*, v. 21, n. 2, p. 1-12, 2022 <https://doi.org/10.1551/ri.v32i2.48546>.
- AGUIAR, E. S.; RIBEIRO, M. M.; VIANA, J. H.; PONTES, A. N. Diseases related to inadequate environmental sanitation and socioeconomic indicators in the Brazilian Amazon. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 9, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7302>.
- AGUIAR, E. S.; RIBEIRO, M.M.; VIANA, J. H.; PONTES, A. N. Panorama da disposição de resíduos sólidos urbanos e sua relação com os impactos socioambientais em estados da Amazônia brasileira. *URBE Revista Brasileira de Gestão Urbana*, n. 13, p. 1-12, 2021. DOI: 10.1590/2175-3369.013e20190263.
- ALMEIDA, M. G.; BARROS, H. M. O uso de mecanismos de apropriação em projetos de inovação colaborativos em serviços empresariais de tecnologia da informação. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 1, n. 21, p. 1-37 2022. <https://doi.org/10.20396/rbi.v2i00.8663845>.
- ALMEIDA, R. N.; PEDROTTI, A.; BITENCOURT, D. V.; SANTOS, L. C. P. The problem of municipal solid waste. *Scientific Interfaces - Health and Environment*, v. 2, n. 1, p. 25–36, 2013. <https://doi.org/10.17564/2316-3798.2013v2n1p25-36>
- ALMODÓVAR, E. S.; CANTOS, J. O.; TALAVERA, J. M. Buenas prácticas em el manejo y gestión del agua pluvial. Casos de estudio de la comarca del Bajo Segura. *Cuadernos Geográficos*, v. 6, n. 1, p. 229-250, 2022. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v6i1i1.21086>.
- ALVES, J. P. C.; RIBEIRO, A. P. L. Implantação de consórcios públicos intermunicipais de resíduos sólidos urbanos: Monte do Carmo e Silvanópolis, Tocantins. *Engineering Sciences*, v. 9, n. 1, p. 8-16, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2020.001.0002>.

ALVES, H. K. M. N.; JARDIN, A. M. R. F.; ARAÚJO JUNIOR, G. N.; SOUZA, C. A. A.; LEITE, R. M. C.; SILVA, G. I. N.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F. Uma abordagem sobre práticas agrícolas resilientes para maximização sustentável dos sistemas de produção no Semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 1. n. 1, p. 373-392, 2022. Acesso em: 16 de março de 2023.

AMARAL, D. S. Reciclagem no Brasil: panorama atual e desafios para o futuro. *FMU Centro Universitário*, v. 1, n. 1, p. 1-7 2021 <https://portal.fmu.br/noticias/reciclagem-no-brasil-panorama-atual-e-desafios-para-o-futuro/>. Acesso em: 18 de Janeiro de 2023.

AMARAL, A. J. M. S.; ARIAS, L. M. B. The possible future: against narratives of development and sustainability in Latin America in the context of the pandemic of the COVID-19. *Anfora*, v. 29, n.52, p. 94-123, 2022. <https://doi.org/10.30854/anf.v29.n52.2022.804>

ANDRADE, M. A.; BRAGA, R. M. Q. L.; SILVA, P.F.; PEREIRA, A. K. F.; GONÇALVES, J. B. Coleta seletiva solidária: uma proposta para o centro nacional de primatas do Brasil. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales, Investigación Desarrollo y Práctica*, v. 15, n. 1, p. 384-404, 2022 <https://mx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.1.78056>.

ANJOS, A. M. dos. Aspectos socioambientais dos resíduos sólidos urbanos da cidade de São Tomé RN. *Geoconexões*, v. 5, n. 1, p. 19-32, 2020. <https://doi.org/10.15628/geoconexoes.2020.10270>.

ARAÚJO, A. R. R.; GUIMARAES, B.; BARBOSA, C. S.; SOUZA, C. E. A.; SOUSA, A. S. Logística reversa: óleo residual de fritura, uma proposta para os restaurantes da praça da alimentação do shopping Boulevard, Belém-Pará. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v.5, n. 2, p. 1517-1531, 2022 <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n2-006>.

ARTEMOV, S. A.; BORIK, M. A.; KULEBYAKIN, A. V.; KURITSYNA, I. E.; LARINA, N. A.; LOMONOVA, E. E.; MYZINA, V. A.; RYABOCHKINA, P. A.; TABACHKOVA, N. Y.; VOLKOVA, T. V. Effect of the ionic radius of stabilizing oxide cation on the local structure and transport properties of zirconia based solid solutions. *Journal of Alloys and Compounds* 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.09.034>.

ATHAÍDE, F. L.A.; GONÇALVES, N. P.; RAMOS, H. R. Banco comunitário Moeda Verde: uma proposta de ressignificação dos resíduos sólidos na Amazônia. *Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável*, v. 1, n. 1, p. 25-40 2022. <https://doi.org/10.17271/rtgs.v1i1.3152>.

BALDIM, M. L. L. S.; GUEDES, L. C. V.; CAMARINI, G. Política nacional de resíduos sólidos: possibilidades para o desenvolvimento sustentável urbano. *Revista Profanações*, v. 7, n. esp. 2, p. 6-25, 2020. <https://doi.org/10.24302/prof.v7iesp.2.2978>

BARRIO, D. El reciclaje de papel y cartón resiste en el año de la pandemia. *IndustriaAmbiente*, v. 1, n. 1, p. 1-3, 2021. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcgclclefindmkaj/> Acesso em 22 de janeiro de 2022.

BARROS, R. G.; DOURADO, B. R.; BÁRBARA, V. F. Determinação do índice da qualidade do aterro de resíduos do município de Goiânia – GO. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 11, n. 3, p. 155-166, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.003.0014>

BAQUE, S.; CASAGUALPA, A.; GALLARDO, L. Mitigación al cambio climático y recicladores de base, caso de estudio: huella de carbono del reciclaje de aluminio en Ecuador. *Ecuadorian Science Journal*, v. 5, n. 3, p. 84-98, 2021 <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.146>

BAUTISTA, M. C. C.; GARCÍA, A. R.; IZAGUIRRE, K. J. S.; BARRÓN, F. C. A.; VEGA, E. E. V.; PAT, F. N. Reciclado de aluminio y su contribución en materia de energía: caso FCITEC-UABC. *Brazilian Journal of animal and Environmental Research*, v. 4, n. 2, p. 2258-2267 2021. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n2-056>.

BENEVIDES (PREFEITURA). Meio ambiente e desenvolvimento sustentável. *Projetos e ações*. 2022. <https://www.benevides.pa.gov.br/projeto/66/meio-ambiente-e-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 7 de janeiro de 2023.

BERNAL-FIGUEROA A. A.; ROCHA-GIL Z. E.; MEDINA-MORENO J. T.; CASAS-MATINEZ Y.; BUITRAGO-RAMÍREZ L.P. Management of used tires in the city of Tunja Boyacá (Colombia). *Actualidad & Divulgación Científica*, v. 24, n. 1, p. 1-9, 2021 <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n.1.2021.1627>

BET, L. G.; PRADO, R.; PRADO, M.; BENAQUE, H. P. Educação ambiental aplicada à gestão de resíduos sólidos: a iniciativa inovadora do programa condomínio sustentável. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, v. 15, n. 5, p. 282-2020. <https://doi.org/10.34024/revbea.2020.v15.10791>

BLANCO, E.; RASKIN, K.; CLERGEAU, P. Reconnecting neighborhoods with ecosystem functioning: Analysis of solutions from six international case studies *Sustainable Cities and Society*, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106507>

BORREGO, C. Economia circular para cidades saudáveis. *Rotas à Oriente*, v. 1, n. 2, p. 169-186 2022 <https://doi.org/10.34624/RQ.V012.27823>

BORN, M. P.; BRÜLL, C. From model to nature — A review on the transferability of marine (micro-) plastic fragmentation studies. *Science of The Total Environment* 2022 <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2021.11.020>

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. *Histórico resoluções*. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema> . Acesso em: 20 de junho de 2021.

BRASIL. IBGE. *Estimativas da população ao 1 de julho de 2021* <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados> Acesso em: 27 de julho de 2022.

BRASIL. MMA. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos*. Secretaria de Qualidade Ambiental/Ministério do Meio Ambiente, República de Brasil 187 p. 2020.

BRASIL. Senado. Constituições brasileiras. *SENADONOTICIAS* <https://www12.senado.leg.br/noticias/glossario-legislativo/constituicoes-brasileiras>

BRASIL. SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Série Histórica* 2022. <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/> Acesso em 23 de junho de 2022.

BRUSTIN, P.; TISCHNER, A.; DIAS, L.; BARBADO, N.; REIS, A. Aplicação do índice de salubridade ambiental (ISA) para diagnóstico de áreas urbanas: um estudo dos municípios de Maringá – PR e Sarandi – PR. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, v. 9, n. esp., p. 234-252, 2020. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020234-252>

BUDBIS, M. Engenharia hidráulica en la antigüedad bíblica: el acueducto del Rey Hezekiah (Ezequías). *Revista Museo*, v. 1, n. 1, p. 37-41, 1996.

BUIJS, A.; KAMPHORST, D.; MATTIJSSEN, T.; VAN DAM, R.; KUINDERSMA, W.; BOUWMA, I. Policy discourses for reconnecting nature with society: The search for societal engagement in Dutch nature conservation policies. *Land Use Policy* 2022 <https://doi.org/10.1016/j.orgel.2021.106417>

BUSTOS, C. F. La problemática de los desechos sólidos. *Economía*, v. 34, n. 27, p. 121-144, 2009. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://iies.faces.ula.ve/Revista/Articulos/Revista_27/Pdf/Rev27Bustos.pdf Acesso em 19 de janeiro de 2022

CABALLERO-JULIA D.; VICENTE M.P.; GALINDO M.P. Grupos de discusión y HJ-BiPlot una nueva forma de análisis textual. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información*, v. E, n. 2, p. 19-36. 2014. <https://doi.org/10.17013/risti.e2.19-35>

CABANHE, M. P.; FREITAS, A. C. V. Caminhos para uma conscientização ambiental mais efetiva Itabira-MG: Fortalecendo a resiliência a pandemias. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 4, p. 2022 <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.24500>

CABRERA, F. A. L. Educación ambiental para el poblador del distrito de Casa Grande en el manejo de residuos sólidos urbanos entre julio a diciembre del año 2019. *Arnaldoa*, v. 27, n. 1, p. 186-192, 2020. Disponível em: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992020000100323&script=sci_arttext&tlng=en Acesso em: 15 de maio de 2022.

CAMUCI, M.; GONÇALVES, M. A. Diagnóstico da situação dos resíduos sólidos urbanos e dos programas de coleta seletiva de recicláveis existentes nos municípios com área na bacia do rio Ivinhema – MS. *Revista eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros seção Três Lagoas*, v. 1, n. 31, p. 116- 142, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/RevAGB/article/view/9665> Acesso em 22 de maio de 2021.

CARDOSO E. L.; FERREIRA FILHO H. R.; SANTOS V. C. P.; FERREIRA A. O. Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos no município de Belém, Pará, Brasil: vantagens e desafios da sua implementação. *Revista S&G*, v. 15, n. 2, p. 93-102, 2020 <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2020.v15n2.1612>

CARMADELO, A. M. P.; FERRI, C. Vidas recicladas: vulnerabilidade e risco social a partir de narrativas de catadores e catadoras de resíduos sólidos de Caixas do Sul. *Revista Direito Ambiental e Sociedade*, v. 10, n. 2, p. 7-34, 2020. Acesso em 2 de setembro de 2021

CARRIÈRE, J. P.; DINIZ, F.; MORA, L. Economia circular: preservação de recursos naturais e práticas urbanas, uma análise comparativa (Tours/França e Recife/Brasil). *Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo*, v. 18, n. 2, p. 35-49, 2020. <https://doi.org/10.11606/issn.1984-4506.v18i2p1>

CARVALHO, I. F.; GOMES, A. V. M.; MACIEL, L. B. Direito à moradia: uma utopia para os catadores de resíduos sólidos na cidade de Fortaleza – Ceará. *Revista de Estudos Empíricos em Direito*, v. 7, n. 1, p. 28-49, 2020. <https://doi.org/10.19092/reed.v7i1.356>

CARVALHO, A.; FERREIRA, V.; MATOS, A. R. Ontologia do antropoceno: crise climática, respostas sociopolíticas e tecnologias emergentes. *Forum Sociológico*, v.1, n. 38, p. 5-13, 2021. <https://doi.org/10.4000/sociologico.9693>

CASTANHAL, PREFEITURA. Projeto de gestão integrada de resíduos sólidos é liderada por Castanhal. *Meio Ambiente*. 2022. <http://www2.castanhal.pa.gov.br/Noticia/218855/projeto-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos-e-liderada-por-castanhal> Acesso em: 3 de janeiro de 2023.

CASTRO, A. M. R.; COIMBRA, E. C. L.; JACOVINE, L. A. G. Pagamento por serviços ambientais a catadores: proposta para Viçosa, Minas Gerais. *Em extensão*, v. 19, n. 1, p. 4-19, 2020. <https://doi.org/10.14393/ree-v19n12020-51676>

CHAGAS, A. L. B.; ALVES, E. R.; COELHO, F. M. A.; RABELO, M. G.; AMARO, R. C. R.; ARAÚJO, S. S. S. Diagnóstico da coleta de resíduos sólidos recicláveis no município de Morada Nova -CE. *Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, v. 9, n. 3, p. 298-319, 2020. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e32020298-319>

CHAVES, G. L. D.; SIMAN, R. R.; SENA, L. G. Ferramenta de avaliação dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos: parte 1. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 25, n. 1, p. 181-195, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180120A>

CHEOL-HEUM, P.; CHUNG, K.J.; KIM, T.G.; LEE, J.H.; KIM, I.K.; KIM, Y.H. Big data statistical analysis of facial fractures in Korea. *Journal Korean Medicine Sciences*, v. 35, n. 7, p. 1-12. 2020 <https://doi.org/10.3346/jkms.2020.35.e57>

COMISSÃO ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA E O CARIBE-CEPAL. *Observatório do princípio 10*. 2022. Disponível em: <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/protocolo-nagoya-acceso-recursos-geneticos-participacion-justa-equitativa-beneficios-que-se>. Acesso em: 9 de julho de 2022.

CONCEIÇÃO, M. M. M.; SOUZA, G. B.; QUEIROZ, T. L.; SILVA, A. C. S.; SÁ, R. J. S.; SILVA, A. P. S.; SILVA, J. E. V. C.; COSTA, R. S. TAVARES, L.S.; GOMES, L.E.N.; DIAS, S.C.; PEREIRA JÚNIOR, A. Crescimento populacional e geração de resíduos sólidos: o caso da região norte. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 2, p. 7936-7947, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-195>.

CONSTANTINO, M. R. Inclusión social de recuperadores de residuos sólidos urbanos. Ciudad Autónoma de Buenos Aires en el período del año 2011 a 2014. *Revista Plaza Pública*, v. 12, n. 21, p. 75-87, 2019. Acesso em: 8 de novembro de 2020.

CORBELLINI, M. C. A. Basura y reciclaje, sobrevivir con los residuos ajenos. *Discurso & Sociedad*, v. 7, n. 4, p. 643-663, 2013. Acesso em: 12 de outubro de 2019.

CORDOBA, R. LL. Eliminación y reciclaje de residuos urbanos en la Castilla bajo medieval. *Acta Histórica et Archaeologica Mediaevalia*, v. 1, n. 1, p. 145-169, 1998. Acesso em: 7 de janeiro de 2020.

CORRÊA, F. V. S.; CORRÊA, V. C.; PALHARES, J. M. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos na fronteira franco-brasileira: impactos socioambientais. *Ciência Geográfica*, v. 24, n. 2, p. 635-655, 2020. Acesso em: 11 de fevereiro de 2023.

CONTRERAS, S; MAIRA, J. Evaluación de experiencias locales urbanas desde el concepto de sostenibilidad: el caso de los desechos sólidos del municipio de Los Patios (Norte de Santander, Colombia). *Trabajo Social* v. 1, n. 10, 109-134, 2008. Acesso em: 14 de março de 2020.

COSTA, A. C. Da verdade inconveniente à suficiente: cosmo políticas do antropoceno. *Revista Eletrônica de Filosofia*, v. 18, n. 1, p. 37-49, 2021. https://doi.org/10.23925/1809_8428.2021v18i1p37_49.

COSTA, A. R. S.; SILVA, R. C.; JUCÁ, J. F. T.; EL-DEIR, S. G. Aplicação da pegada ecológica na gestão de resíduos sólidos urbanos através de análise de componentes principais: estudo da cidade de Recife, Brasil. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica*, v. 13, n. 2, p. 320-333, 2020a. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.2.67115>

COSTA, J. R. S.; MEDEIROS, F. R.; SANTANA, J. C. A.; MORAIS, E. R. C. Gestão de resíduos sólidos como instrumento de educação ambiental em escola rural. *Educação Ambiental – o Desenvolvimento Sustentável na Economia Globalizada*, v.1, n.1, p. 1830-1840, 2020b. Acesso em: 30 de setembro de 2022.

COSTA FILHO, F. O.H; SOUSA, D. P. F.; CARVALHO JUNIOR, F. H. Panorama das gestões americana e brasileira de resíduos sólidos urbanos: desafios e méritos alcançados. *Conexões*, v. 14, n. 2, p. 98-102, 2020. Acesso em 2 de julho de 2022.

CRUZ J. F. O.; TERRONES M. E. S.; PUENTE E. E. R.; SILUPU W. M. C. Economía circular en residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. *Revista de Ciencias Sociales (RSC)*, v. 25, n. 4, p. 196-208, 2019. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28062322016> acesso em: 7 maio de 2022.

CRUZ-SALAS, A. A.; ALVAREZ-ZEFERINO, J. C.; MARTÍNEZ-SALVADOR, C.; ENRÍQUEZ-ROSADO, M. R.; GUTIÉRREZ-ORTIZ, M. R.; VÁSQUEZ-MORILLAS, A.; OJEDA-BENITEZ, S. Cuantificación y caracterización de microplásticos y residuos sólidos urbanos en playa Zipolite, Oaxaca. *Ciencia y Mar*, v.24, n.71, p. 3-21, 2020. Acesso em: 23 de junho de 2023.

DESTOUMIEUX-GARZÓN D.; MATTHIES-WIESLER, F.; BIERNE, N.; BINOT, A.; BOISSIER, J.; DEVOUGE, A.; GARRIC, J.; GRUETZMACHER, K.; GRUNAU, C.; GUÉGAN, J.F.; HURTREZ-BOUSSÈS, S.; HUSS, A.; MORAND, S.; PALMER, C.; SARIGIANNIS, D.; VERMEULEN, R.; BAROUKI, R. Getting out of crises: Environmental, social-ecological and evolutionary research is needed to avoid future risks of pandemics. *Environment International*, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132371>

DEVA A. Catorce inventos inteligentes inspirados en la naturaleza. *AWENTIS*, v. 13, n. 14, p. 1, 2014. Disponível em: <https://awentis.com/13/14-inventos-inteligentes-inspirados-en-la-naturaleza.html#> Acesso em: 18 de abril de 2023.

DIAZ, M. O.; ROJAS, D. S. R.; ROSALES, Z. E. G.; MEZA, J. K. S.; YEPES, D. O. Natural fiber and recycled polymer composite materials: blends, pretreatments, coupling agents and mechanical properties – a review. *Avances Investigación en Ingeniería*, v. 19, n. 1, p. 1-18 2022 <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.7579>.

DOMINGUES, L. R. P. A ineficiência econômica ambiental do sistema de coleta de resíduos sólidos no Distrito Federal. *Boletim Economia Empírica*, v. 1, n. 1, p. 38-41, 2020. Disponível em: <https://www.portaldeperiodicos.idp.edu.br/bee/article/view/4008> Acesso em: 9 de maio de 2023.

DORREN, L.; MOOS, C. Towards quantitative evidence of Eco-DRR in mountains: A concise review. *Ecological Engineering 2022* <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131710>.

DUNEL M. P.; BARBOSA, C. F. T. Evaluation of the thermal performance of a Social Interest Housing (SIH) with ecological brick masonry produced with urban solid waste stabilized in a tropical climate to replace the use of traditional building materials. *In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/410/1/012110/pdf>. Acesso em: 3 de setembro de 2019.

ESPASADIN J.M., CANTEROS O.J. S., BARABAS L.G., MALACHEVSKY M. Obtención de espumas metálicas utilizando como metal principal aluminio comercial y reciclado con diversos agentes espumantes. *Revista Tecnológica y Ciencia*, v. 1, n. 43, p. 19-35, 2022 <http://dx.doi.org/10.33414/rtyc.43.19-35.2022>

ESPÍRITU, J. G. M.; IMBIRIDA, B. C. O.; RAMOS, J. R. S.; COUTO, L. L.; MITSCHHEIN Percepção da comunidade sobre a poluição por odores de um aterro sanitário na Amazônia Oriental Brasileira. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 12 n. 5, 2021. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.005.0018>.

ESPÍRITU, J. G. M. *O aterro sanitário de Marituba: estimativa e dispersão das emissões de biogás e a percepção da mudança da qualidade do ar pela população do entorno*. Orientador: Everaldo Barreiros de Souza. 2019. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), Belém, 2019. <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/12245>. Acesso em: 22 de março de 2022.

FERRARI, R. A.; ANDRADE, E. S. *Incineração de resíduos sólidos para recuperação de energia e seus impactos ambientais: um estudo de revisão no Brasil*. UERGS 17 p. 2021. Disponível em: <https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/handle/123456789/1843> Acesso em: 7 de junho de 2022.

FLORES, R. C. Educação ambiental popular e resiliência comunitária diante das mudanças climáticas. *International journal of Environmental Resilience Research and Science*, v. 4, n. 2, p. 1-15 2022. <https://doi.org/10.48075/ijerrs.v4i2.28792>

FRANCHETTI, V. *Historia del urbanismo siglos XIV y XV*. [S.l.: s.n], 1984. 129 p. Acesso em: 23 de maio de 2020.

FRANQUETO, R.; DELPONTE A. A.; FRANQUETO R. Study of the recycling process and the management of municipal solid waste in a municipality of Paraná/Brazil. *Environment and Sustainability Notebook*, v. 15, n. 8, p. 24–29, 2019. Disponível em: <https://cadernosuninter.com/index.php/meioAmbiente/article/view/1252> acesso em 2 de janeiro de 2020.

GARCÍA, S. A. S.; LENZI, F. C.; PELLIZZARI, F.; ANDRADE, M. A. Logística reversa sob a perspectiva da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS no complexo portuário de Itajaí. *Revista Eletrônica Científica do CRA-PR*, v. 6, n. 2, p. 30-46, 2019. Acesso em: 7 de março de 2020.

GARCÍA L. C. V.; PORTUGAL, A. S. Panorama histórico dos resíduos sólidos em cachoeiras de Macacu: a face dos anos 2011 a 2013. *Revista Tamoios*, v. 16, n. 2, p. 99-116, 2020. <https://doi.org/10.12957/tamoios.2020.46523>.

GASPAR, L. M. R.; INÁCIO, C. T.; QUINTAES, B. R.; CARVALHO, L. S. Q.; PERES, A. A. C. Análise econômico – financeira do gerenciamento dos resíduos sólidos orgânicos em uma agroindústria de processamento mínimo de hortaliças. *Eng. Sanit. Ambiente*, v. 25, n. 3, p. 477-488, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180189>

GHERMANDI, A.; DEPIETRI, Y.; SINCLAIR, M. In the AI of the beholder: A comparative analysis of computer vision-assisted characterizations of human-nature interactions in urban green spaces. *Landscape and Urban Planning*, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.131274>

GÓES, F. G. B.; SANTOS, A. S. T.; CAMPOS, B. L.; SILVA, A. C. S. S.; SILVA, L. F. FRANCA, L. C. M. Use of the IRAMUTEQ software in research with a qualitative approach: experience report. *Rev. Enferm*, v. 11, n. 63, p. 1-21. 2021. <https://doi.org/10.5902/2179769264425>

GOMES, W. R. C.; MILKE, E. C. Processos de reciclagem de pilhas e baterias: uma revisão dos principais métodos. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 3, p. 17469-17484 2022. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n3-130>

GOMES, F. B. M.; SILVA, A. K. M. Manejo dos resíduos sólidos de serviço em saúde do programa saúde da família – PSF, Caucaia – Ceará. *Revista Somma*, v. 5, n. 2, p. 54-68, 2020. <https://doi.org/10.51361/somma.v5i2.152>

GONÇALVES, A. C.; RIBEIRO JUNIOR, J. A.; SILVA, H. L.; OLIVEIRA, T. M. C.; ISHIHARA, J. H.; ALEXANDRE, G. S. Análise das condições de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no estado do Pará. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, p. 67954-67954, 2020a. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-288>

GONÇALVES, A. C. G.; CORDEIRO, J. C. L.; SANTOS, T. A. F.; CORDEIRO, J.; LAGE, M. A. Aplicação da análise hierárquica na seleção de terrenos para a instalação de um centro de triagem de resíduos sólidos em São Gonçalo do Rio Abaixo – Minas Gerais. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 6, p. 1-21, 2020b. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3541>

GONZÁLES-LOZANO, R. Evaluación espacial multicriterio para la ubicación de una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos. *Revista Cubana de Transformación Digital*, v. 1, n. 1, p. 111-126, 2020. Acesso em: 3 de dezembro de 2021.

GONZÁLES-JIMÉNEZ, Y.; VILLALOBOS-MORALES, J. Manejo ambiental de residuos orgánicos: estado del arte de la generación de compostaje a partir de residuos sólidos provenientes de sistemas de grasa y aceite. *Revista Tecnológica en Marcha*, p. 11-22, 2021. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v34i2.4843>

GOUVEIA, N. Solid urban waste: socio-environmental impacts and prospects for sustainable management with social inclusion. *Ciência e Saúde Coletiva*, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600014>

GRAÇA, J. K.; HATAISHI, L. A.; GRAÇA, J. K.; TESSAROTTO, A.; BATISTELA, V. R. Técnicas tradicionais e emergentes de remoção de bário para o tratamento de água e efluentes. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 2, p. 1-11 2022 <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25809>.

HALL-LÓPEZ J. A. Didactic experience in physical education to improve attitudes towards caring for the environment using recycled paper and cardboard as a resource in future professionals of physical activity and sport. *Multidisciplinary Journal of Education*, v. 14, n. 29, p. 1-11, 2021 disponível em: <https://hdl.handle.net/11162/249485> acesso em: 3 de março de 2022.

HOLANDA, M. M.; SOUZA, R. S.; SOUSA, J. R. O meio ambiente como fundamento da República. *Revista Jurídica*, v. 2, n. 69, p. 451-475, 2022. Acesso 3 de maio de 2023.

HUAMÁN D. J. P. Uso del concreto y vidrio reciclado en la capacidad de carga de suelos arcillosos: una revisión literaria. *Suelos Ecuatoriales*, v. 51, n. 1, p. 119-132, 2021 disponível em: [https://10.47864/SE\(51\)2021p119-132_131](https://10.47864/SE(51)2021p119-132_131) p. 112 Acesso em: 12 de junho de 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA-IPEA. Apenas 13% dos resíduos sólidos urbanos no país vão para reciclagem. *Noticias IPEA*, 2017. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=29296:apenas-13-dos-residuos-urbanos-no-pais-va-para-reciclagem&catid=1:dirur&directory=1. Acesso em: 9 de dezembro de 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA-IPEA. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*. 2022. 216 p. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.38116/brua25>. Acesso em: 3 de março de 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA-IPEA. Distribuição espacial de características sociodemográficas e localização de empregos e serviços públicos das vinte maiores cidades do Brasil. *Texto para Discussão*, n. 2772, 20 p. 2022. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/acessoportunidades/>. Acesso em: 3 de julho de 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA-IPEA. *Identificação e caracterização das relações interfederativas na região metropolitana de Belém, projeto Governança Metropolitana no Brasil*. 2021. 38 p. Acesso em: 9 de julho de 2022.

JAUNG, W.; CARRASCO, L. R. A big-data analysis of human-nature relations in newspaper coverage *Geoforum* 2022 <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2022.132676>

JIMÉNEZ, R. M. G.; FIGUEREDO, J. A. H.; ALMAGUER, M. R. G. El cooperativismo: algunos apuntes sobre la responsabilidad social y el manejo de residuos sólidos. *Estudios del Desarrollo Social*, v. 8, n. 3, p. 4-20, 2020. Acesso em: 6 de agosto de 2021.

JÓDAR, J.; ZAKALUK, T.; GONZÁLEZ-RAMÓN, A.; RUIZ-CONSTÁN, A.; LECHADO, C. MARÍN; MARTÍN-CIVANTOS, J.M.; CUSTODIO, E.; URRUTIA, J.; HERRERA, C.; LAMBÁN, L.J.; DURÁN, J.J.; MARTOS-ROSILLO, S. Artificial recharge by means of careo channels versus natural aquifer recharge in a semi-arid, high-mountain watershed (Sierra Nevada, Spain). *Science of The Total Environment* 2022 <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105907>

KHALIL, L. A. S.; SANTOS, D. M. C. Licenciamento ambiental no Brasil: um breve panorama pós política nacional de meio ambiente. *Ciência Atual*, v.15, n. 1, p. 96-110, 2020. Acesso em 10 de agosto de 2021.

KEONG, C. Y. *Global environmental sustainability*. [S.l.]: Elsevier, 2021. 368p. ISBN 9780128224199. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822419-9.00001-1>

KOMETTER, R. Ideas sobre soluciones basadas en la naturaleza para la conservación, restauración y manejo de los recursos naturales en la cuenca del río RIMAC. **Bio Modus Tropical**, v. 1, n. 1, p.,1-16, 2022. Acesso em: 5 de setembro de 2022.

KUMAR, S.; KAR, A. K.; ILAVARASAN, P. V. Applications of text mining in services management: a systematic literature review. *International journal of information management data insights*, v. 1, n. 1, p. 1-14. 2021 <https://doi.org/10.1016/j.ijime.2021.100008>

LEÓN, A. F. O.; CRUZ, D. D. N.; LEÓN, Y. E. S.; CARO, F. G. S.; VÉLEZ, Y. J. C.; LEGUA, J. A. C. Impacto ambiental de los residuos sólidos en el distrito de Santa María – Huaura año 2018. *Big Bang*, v. 8, n. 3, p. 28-34, 2020. <https://doi.org/10.51431/bbf.v8i3.493>

LÓPEZ V. P.; RASO M. D. C. Análisis económico de productos a partir de reciclados, caso recicladora verde neumático. *RES NN Verba Revista Científica*, v. 12, n. 1, p. 158-176, 2022 <https://doi.org/10.21855/resnoverba.v12i1.618>

LOSSIO J. Acequias y gallinazos, salud ambiental en Lima del siglo XIX. *Colección Mínima*, n. 55, 2003. IEP Ediciones, ISBN 9972-51-083-2. Disponível em: <http://repositorio.iep.org.pe/handle/IEP/570> acesso em: 27 de julho de 2022.

MAGNO T. S. C.; VASCONCELLOS A. M.; BARROS J. N.; ARROYO J. C. T. Economía solidária como estrategia para o desenvolvimento local. *P2P & Inovação*, v. 8, n. 2, p. 15-34, 2022 <https://doi.org/10.21721/p2p.2022v8n2.p15-34>

MANSUR, A. V.; MCDONALD, R. I.; GÜNERALP, B.; KIM, H.; DE OLIVEIRA, J. A. P.; CALLAGHAN, C. T.; HAMEL, P.; KUIPER, J. J.; WOLFF, M.; LIEBELT, V.; MARTINS, I. S.; ELMQVIST, T.; PEREIRA, H. M. Nature futures for the urban century: Integrating multiple values into urban management *Environmental Science & Policy*, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.tust.2021.104237>

MARACAJÁ, K. F. B.; PEREIRA, L. M.; PINHEIRO, I. F. S. Análise cienciomátria das pesquisas sobre overtourism através do software IRaMuTeQ. *Qualitas Revista Eletrônica*, v.22, n.2, p. 35-55, 2021 <https://dx.doi.org/10.18391/req.v22i2.5704>.

MARTIN, F. C. Breve arqueología (y apología) de la basura. *Cruce, Critical Sociocultural Contemporaneity*, v. 1, n. 1, p. 1-7, 2013. Disponível em: https://www.academia.edu/7969998/Arqueologia_de_la_basura acesso em: 12 de dezembro de 2019.

MARTIN, P. C. Política económica: crecimiento económico, desarrollo económico, desarrollo sostenible. *Revista Internacional del Mundo Económico y del Derecho*, v. 3, n. 1, p. 1-12, 2011. Acesso em: 30 de novembro de 2019.

MATTANA, E.; ULIAN, T.; PRITCHARD, H. W. Seeds as natural capital Trends in Plant. *Science*, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2021.113347>

MAYORGA, B. C. P.; BANDERAS, F. J. C.; CASTRO, D. E. H.; ORTIZ, M. A. S. Los derechos de la naturaleza, la reparación del daño ambiental y la prevención. *Revista Universidad y Sociedad*, v. 13, n. 2, p. 276-282, 2021. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n2/2218-3620-rus-13-02-276.pdf> acesso em: 15 de janeiro de 2021.

MELLENDEZ, J. R.; DELGADO, J. L.; CHERO, V.; FRANCO-RODRÍGUEZ, J. Economía circular: una revisión desde los modelos de negocios y la responsabilidad social empresarial. *Revista Venezolana de Gerencia*, v. 26, n. 6, p. 560-573, 2021 https://doi.org/10.52080/rvgluz.26e6_34

MELERO, J.; HERNÁNDEZ, D. A.; MELERO, A.; OJEDA-BENÍTEZ, S. Caracterización de residuos sólidos em una IES; el caso de ITMexicali. *Brasilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 3, n. 4, p. 141-149, 2020. <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n4-141>

MENDES, J. R. L.; ALMEIDA, K. E. L.; MELO, J. M.; ABRANTES, M. M. G. Diagnóstico da disposição final dos resíduos sólidos urbanos no estado da Paraíba. **Revista brasileira de direito e gestão pública**, v.8, n. 2, p. 449-457, 2020. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RDGP/article/view/7967/7519> acesso em: 23 de janeiro de 2023.

MENEZES, C. F.; SITUBA, N. S. Os resíduos sólidos hospitalares na cidade de Eirunepé – Amazonas. *REMOA*, v. 19, n. 3, 12 p. 2020. <https://doi.org/10.5902/2236130841134>

MENTIMETER. *Formulário de enquete acesso remoto*. 2022. Disponível em: <https://www.mentimeter.com/app>. Acesso em: 6 de maio de 2023

MIRZA, N. A.; HULKO, W. The complex nature of transportation as a key determinant of health in primary and community care restructuring initiatives in rural Canada *Journal of Aging Studies* 2022 <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.09.018>

MONTEIRO, R. R.; PINHEIRO, A. P.; BENJAMIN, A. S.; ASSIS, C. F.; SCHIAVETTI, A. Direito e política do meio ambiente: os desafios enfrentados na atualidade no Brasil (2019-2021). *Research, Society and Development*, v. 11, n. 7, 2022 <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i7.29766>

MOURATO LIMA, A. E.; PINTO JUNIOR, O. B. Quantificação de gases efeito estufa em aterro sanitário no município de Cuiabá. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, v. 8, n. 2, p. 136-144, 2020. <https://doi.org/10.9771/gesta.v8i2.38467>

MOROCHO, F. R. A. La economía circular como factor de desarrollo sustentable del sector productivo. *INNOVA Research Journal*, v. 3, n. 12, p. 78-98, 2018 <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n12.2018.786>.

MOURA, I. E. M. O.; OLIVEIRA, F. C. Sistema de gestão ambiental: gerenciamento de resíduos sólidos em uma IES de Teresina – PI. *Brazilian Journals of Business*, v. 2, n. 1, p. 296-316, 2020. Disponível em: https://www.academia.edu/75839271/Sistema_De_Gest%C3%A3o_Ambiental_Gerenciamento_De_Res%C3%ADuos_S%C3%B3lidos_Em_Uma_Ies_De_Teresina_Pi acesso em: 18 de abril de 2023.

MUÑOZ, N. M.; AIMACAÑA, D. S. L.; LEMA, S. P. R. Packaging, packaging, and environment. Recycling systems for glass, paper, cardboard, and wood waste. 2021. <http://hdl.handle.net/10251/167257> Acesso em: 8 de julho de 2022.

MURA, E.; REYES, A. De la sostenibilidad a la sustentabilidad, modelo de desarrollo sustentable para su implementación en políticas y proyectos. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, n. 78, p. 4054, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20640430004> acesso em: 23 de março de 2020.

NASCIMENTO, F. L.; SENHORAS, E. M. Produção mais limpa, logística reversa e consórcios públicos intermunicipais na gestão de resíduos sólidos em Roraima. *Boletim de Conjuntura*, v. 1, n. 1, p. 32-43, 2019. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3751813>

NEILA, J. F. R. Problemas medioambientales urbanos en el mundo romano. *Anejos de AEspA LX, CDIC*, 2011. 61 p. ISBN: 978-84-00-09345-7 acesso em: 16 de janeiro de 2020.

NIÑO, D. *Adbucing Abduction. Avatares sobre la comprensión de la abducción de Charles Pierce*, 97f. Tese (Doutorado) - Departamento de Filosofía, Universidad Nacional de Colombia, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233784785_ABDUCTING_ABDUCTION_Avatares_sobre_la_compresion_de_la_Abduccion_de_Charles_S_Peirce acesso em 5 de setembro de 2019.

NUBIOLA, J. *Charles S. Pierce y la abducción de Dios*. [S.l.:s.n.], 2004. 130 p. Disponível em: <https://www.unav.edu/documents/6709261/0/Peirce.+Ciencia%2C+religi%C3%B3n+y+la+abducci%C3%B3n+de+Dios/5b4c8ccf-c041-c964-3eea-33ff27c62f2b> acesso em 7 de setembro de 2019.

LANIESSE, P.; CAU DIT COUMES, C.; LE SAOUT, G.; MESBAH, A. Understanding the setting and hardening process of wollastonite-based brushite cement. Part 2: Influence of the boron and aluminum concentrations in the mixing solution *Cement and Concrete Research* 2021 <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118183>

LIMA, L. M. J.; ABREU, M. T. Avaliação da conscientização sobre a destinação dos resíduos sólidos urbanos nas universidades em Belém (PA). *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, v. 17, n. 1, p. 300-314, 2022. <https://doi.org/10.34024/revbea.2022.v17.11966>

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT-OECD. *Municipal waste, generation and treatment*. 2021a Data extracted on 05 Sep 2021 14:36 UTC (GMT) from OECD. Stat disponível em: <https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=MUNWandlang=en> acesso em 23 de maio de 2020.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT-OECD *Municipal waste (indicator)*. 2021b <https://doi.org/10.1787/89d5679a-en> Accessed on 05 September 2021

OLIVEIRA, A. C. V.; SILVA, A. S.; MOREIRA, Í. T. A. Economia circular: conceitos e contribuições na gestão de resíduos urbanos. *Revista de Desenvolvimento Económico*, v. 3, n. 44, p. 273-289, 2019. <https://doi.org/10.36810/rde.v3i44.6386>

OLIVEIRA, K. M. M. Cumprimento da resolução n. 201/2015 do Conselho Nacional de Justiça e a destinação de resíduos sólidos do Tribunal de Justiça do estado de Roraima. *Revista Ambiente*, v. n. p. 129-131, 2020. <https://doi.org/10.24979/316>

PALMER, P. *Entrevista presencial realizada no Environmental Sustainability Through Waste & Recycling (ENSURE-2023)*. April 11, 2023, San Francisco, CA, USA.

PAZ, F.; COVALEDA, S.; HIDALGO, C.; MATUS, F.; BÁEZ, A.; VELÁSQUEZ, A. S.; ETCHEVERS J. D. Patrones de la distribución del carbono orgánico por fracciones de partículas primarias del suelo. *Terra Latinoamericana*, v. 40, n. 1, p. 1-13, 2022 <https://doi.org/10.28940/terra.v.40i0.1322>

PEQUEÑO, P. A. M.; OBRACZKA, M.; VEIGA, M. M. Indicadores de desempenho nos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos: a importância da regulação como instrumento de controle da prestação dos serviços. *Brazilian Journal of Development*, v. n. p. 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-172>

PEREIRA, C. S.; ALMEIDA, B. L. N.; RODRÍGUES, M. O. S.; DIOGO, M. L. S. A.; BARROS, C. L. S. Identificação de impactos ambientais provocados pelo lançamento de resíduos sólidos e líquidos no Rio Itapecuru. *Nature and Conservation*, v. 13, n. 2, p. 58-66, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.002.0006>

PEREIRA, S. S. A interação do sistema socioecológico e educação ambiental. *Educação Ambiental*, v. 3, n. 5, p. 2-13, 2022 <https://doi.org/10.5281/zenodo.7118227>

PESTANA, L. O. B.; VENTURA K. S. Avaliação do descarte de resíduos sólidos no meio urbano. Estudo de caso: zona ZOEMI-APOC de Araraquara/SP. *Fórum Ambiental*, v. 16, n. 1, p. 114-130, 2020. <https://doi.org/10.17271/1980082716120202321>

PINTO, A. C.; ALBUQUERQUE, J. L.; MORAES FILHO, R. A. de; CEOLIN, A. C. Gestão municipal de resíduos sólidos: uma revisão sistemática da literatura. *ID on line. Revista de Psicologia*, v. 16, n. 60, p. 1009-1024, 2022 <https://doi.org/10.14295/idonline.v16i60.3471>

PINHEIRO, D. P. N. A resiliência em discussão. *Psicologia em Estudo*, v. 9, n. 1, p. 67-75, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1413-73722004000100009>

PORTEROS, A. H. La tecnología satelital en el ferrocarril. *Revista Digital del Cedex*, v. 1, n. 1, p. 73-86, 2022. Disponível em: <https://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/2466> acesso em: 23 de maio de 2023.

POSADA, J. C.; MONTES-FLORES, E. Revisión: materiales poliméricos biodegradables y su aplicación en diferentes sectores industriales. *Informador Técnico*, v. 86, n.1, p. 94-110, 2022. <https://doi.org/10.23850/22565035.3417>

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO-PNUD. *Atlas, índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) dos municípios 2010*. 2022. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/ranking>. Acesso em: 6 de março de 2023.

QIU, Z. W. J.; LI, Z. K.; FU, H. M.; ZHANG, L.; ZHU, Z. W.; ZHANG, H. W.; WANG, A. M.; LI, H.; ZHANG, H. F. Effect of pH and NaF addition on corrosion of Zr-based bulk metallic glass in Na₂SO₄-containing solution *Intermetallics* 2021 <https://doi.org/10.1016/j.jobte.2020.102066>

RAMIREZ, C. *Guia técnica acueducto y alcantarillado*. Colômbia: Universidad Católica de Colombia, 2016. 112p. Disponível em: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14128/1/Guia%20Tecnica%20Acueducto.pdf> acesso em: 7 de agosto de 2022.

RATINAUD, P. *IRaMuTeQ*: interface de R pour les analyses multidimensionnelles de textes et de questionnaires (Computer software). 2009. <http://www.iramuteq.org>.

REYES, G. E. Principales teorías sobre el desarrollo económico y social. *Nómadas*, v.1, n.1, p. 1-23, 2001 Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=18100408> acesso em: 8 de novembro de 2019.

RIDELENSKY, J. C. F.; SANTOS, A. R. Projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo – MDL uma coletânea de projetos aprovados no Brasil na última década. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 4, p. 1-11 2022 <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27087>

ROMERO-SILVA, R.; LEEUW S. Learning from the past to shape the future: a comprehensive text mining analysis of OR/MS reviews. *Journal Omega*, v. 100, n. 1, p. 1-26. 2021 <https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102388>

ROSALES MENDOZA, R.; MOTA, A. S. *Avaliação monetária dos prejuízos causados por chuvas intensas nas cidades de Belém do Pará, Brasil e Carrillo de Guanacaste, Costa Rica*. [S.l.]: EPTEC, 2021.72 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349536118_Avaliacao_monetaria_dos_prejuizos_usados_por_chuvas_intensas_nas_cidades_de_Belem_do_Para_Brasil_e_Carrillo_de_Guanacaste_Costa_Rica acesso em 12 de janeiro de 2022.

ROSALES MENDOZA, R.; LIMA, A. M. M. The abductive method to generate polymath knowledge in technical-scientific production. *Civil Engineering Research Journal*, v. 13, n. 3 p. 1-2, 2022. <https://doi.org/10.19080/CERJ.2022.13.555864>

ROSALES MENDOZA, R.; LIMA, A.M.; PIMENTEL, M.A.; PONTES. A. N.; ROCHA, E. World development and generation of waste. *Environ Sci Pollut Res* v. 30, n. 1, 14792–14804, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23106-5>.

TRIGO, A. G. M.; TRIGO, J.A.; MARUYAMA, Ú.; MEIO, V. A política de resíduos sólidos e a redução de impactos ambientais negativos: viabilizando cidades e comunidades sustentáveis. *Revista Gestão e Desenvolvimento*, v. 20, n. 1, p. 130-149. <https://doi.org/10.25112/rgd.v20i1.2910>

SAENZ A.; URDANETA G.; JOHENI A. Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *OMNIA*, v. 20, n. 3, p. 121-135, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf> acesso em: 8 de novembro de 2022.

SALAZAR-ACUÑA, E. Indicador económico para la evaluación de la gestión municipal de los residuos valorizables en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop. J. Environ Sci)*, v. 54, n. 1, p. 1-15, 2020. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.54-1.1>

SANTA BÁRBARA DO PARÁ, PREFEITURA. *Termo de contrato de prestação de serviços Nº 20210155*. 2021. Disponível em: <https://santaBarbara.pa.gov.br/pregao-eletronico-no-0022-2021-srp/> acesso em: 7 de dezembro de 2022.

SANTOS, C. E.; BORBA, W. F.; CAMARGO, M.; SORGATO, A. C.; ANDRIOLI, C., DECOL, J.; MARTINS, M.; ERPEN, V. Análise de gestão de resíduos sólidos urbanos aplicada a uma área de coleta seletiva piloto. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 42, n. 4, p. 94-101, 2020a. https://doi.org/10.11137/2019_4_94_101

SANTOS, P. C.; ROCHA, A. C. M. A.; LIMA, E. D. S.; SANTOS, J. P. O.; GONZAGA, K. S.; CARTAXO, P. H. A. Geração de resíduos sólidos urbanos: aplicação de um indicador de sustentabilidade em um município de semiárido alagoano. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, p. 1-14, 2020b. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5661>

SANTOS, J. A.; SANTOS, D. L.; SILVA, D. K.; SANTOS, M. H.; SANTOS, C. B. Composição gravimétrica e a taxa de geração *per capita* de resíduos sólidos domiciliares. *Diveristas Journal*, v. 5, n. 4, p. 2586-2596, 2020c. <https://doi.org/10.48179/revext.v5i2.200>

SANTOS, C. M. B.; LIMA JÚNIOR, J. F.; PEREIRA, R. S. Performance of organizations of recyclable material collectors in the public management of urban solid waste: scoping review protocol. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 6, p. 1-8, 2022 <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.29464>

SANTOS, R. C.; SALOMÃO, M. A.; OLIVEIRA, A. R. S.; CASTAÑÓN, J. A. B. Cidades inteligentes: panorama mundial da resiliência a desastres. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 7, 2022 <https://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i7.30327>

SEBRAE *Cidades resilientes e sustentáveis*. [S.l.], 2019. 60 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/337683106_Cidades_Resilientes_e_Sustentaveis acesso em: 14 de fevereiro de 2022.

SEGURA, A. M.; ROJAS L. A.; PULIDO Y. A. Global references in solid waste management systems. *Revista Espacios*, v. 41, n. 17, p. 22-35, 2020. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a20v41n17/a20v41n17p22.pdf> acesso em 7 de dezembro de 2022.

SENKL, D.; COOPER, C. On valuing (m) other nature in times of climate crises – A reflection on the non and nom of accounting for (m) other nature. *Critical Perspectives on Accounting*, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.orgel.2022.106442>

SERRANO, A. S. La (re) insurgencia histórica de los derechos humanos de los pueblos y derechos de la naturaleza en América Latina: un desafío iusmaterialista a la ideología iusnaturalista e iuspositivista de la burguesía. *Nullius*, v. 2, n. 1, p. 1-14, 2020. <https://doi.org/10.33936/revistaderechos.v2i1.2803>

SHINOHARA, N. K. S.; SILVA, M. K. G.; PEREIRA, J. L. A.; MACEDO, I. M. E.; MORAES, C. R. L. Perfil social e doenças nos catadores de resíduos sólidos em região metropolitana. *Brazilian journal of development*, v. 6, n. 5, p. 24820-24837, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-076>.

SILVA, F. A. G.; MELLO, E. M. R. Os aspectos legal, social e econômico da gestão de resíduos sólidos: oportunidades e desafios. *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*, n. 1, p. 1-13, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.11763/cccss2006residuos-solidos> acesso em 5 de maio de 2022.

SILVA, S.; RIBEIRO, E.A.W. O software IRAMuTEQ como ferramenta metodológica para análise qualitativa nas pesquisas em educação profissional e tecnológica. *Brazilian Journal of Education, Technology and Society*, v. 14, n. 2, p. 275-284. 2021 <https://dx.doi.org/10.14571/brajets.v14.n2>.

SILVA, M. R. F.; DIAS, N. S.; SILVA, C. A. F.; LIMA, A. O. Desenvolvimento urbano e Agenda 2050: desafios e soluções para cidade sustentáveis. *Revista Nacional de Gerenciamiento de Ciudades*, v. 9. N. 73, p. 124-139, 02021. Acesso em: 7 de janeiro de 2022.

SOLUÇÕES PARA A VIDA-SOLVI. Exercício 2020. *Relatório anual*. 2021. 78 p. Disponível em: <https://www.solvi.com> Acesso em: 16 janeiro de 2022

SOUSA, B. C.; DUARTE, S. T. V. G.; OLIVEIRA, D. R. L.; CARVALHO, E. F. Diagnóstico das práticas relacionadas à coleta seletiva e reciclagem dos resíduos sólidos na região metropolitana de Patos – PB. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 3, n. 4, p. 3290-3314, 2020. <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n4-043>

SOUZA, L. C. L.; MATOS, I. M. A.; PETER, M. G. A.; MACHADO, M. V. V.; NASCIMENTO, C. P. S. Índice de desenvolvimento sustentável para municípios (IDSM): um estudo sobre o nível de sustentabilidade das capitais brasileiras. *ENGEMA*, v. 1, n. 1, p. 1-17, 2020. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.engema.org.br/XVIENGEMA/431.pdf> acesso em: 2 de março de 2022.

SLOBODYUK, A. B.; KAVUN, V. Y. A.; UVAROV, N. F.; MERKULOV, E. B.; POLYANTSEV, M. M. NMR and complex impedance study of ionic motion in new Rb_{0.4}Bi_{0.6-x}In_xF_{2.2} solid solutions with fluorite-type structure. *Solid State Ionics* 2021 <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105954>

STROUD, S.; PEACOCK, J.; HASSALL, C. Vegetation-based ecosystem service delivery in urban landscapes: a systematic review *Basic and Applied Ecology*, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2022.114571>.

TAVARES, Q. E. S.; SANCHES, A. E.; BANDEIRA, S. R.; MARQUES, D. S.; SANTOS, G. O. Identificação de locais de descarte irregular de resíduos de construção e demolição no bairro distrito industrial II no município de Manaus – AM. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 2, p. 6014-6024, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-052>

TAKENAKA, E. M. M. Resíduos urbanos e saúde ambiental: uma abordagem histórica no município de Presidente Prudente – SP. *Colloquium Socialis*, v. 4, n. 2, p. 92-101, 2020. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/cs/article/view/3852/3115> acesso em 7 de junho de 2022.

TEXEIRA, J. C. M.; DUARTE, M. A. A. Implementação do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos no município de Natal – RN: o papel dos atores. *Administração Pública e Gestão Social*, v. 12, n. 4, p. 1-14, 2020. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/file:///C:/Users/RONALDO/Downloads/gilberto2,+351564289013.pdf> acesso em: 10 de junho de 2022.

TERRONES, L. A. S.; ABANTO, R. W. S.; JARA, M. A. S.; MONDRAGÓN, J. E. Z. Efecto del uso de vidrio reciclado en el diseño de concreto. *Revista Universidad y Sociedad*, v. 14, n. 1, p. 179-192, 2022 disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v14n1/2218-3620-rus-14-01-179.pdf> acesso em: 7 de julho de 2022.

TIAN, M.; PU, B.; CHEN, Y.; ZHU, Z. Consumer's waste classification intention in China: an extended theory of planned Behavior model. *Sustainability*, v. 11, n.1, p. 1-18. 2019 <https://doi.org/10.3390/su1146999>

TIAN, Z.; LYU, X. Y.; ZOU, H.; YANG, H. L.; SUN, L.; PINYA, M. S.; CHAO, Q. C.; FENG, A. Q.; SMITH, B. Advancing index-based climate risk assessment to facilitate adaptation planning: Application in Shanghai and Shenzhen, China. *Advances in Climate Change Research*, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.01.005>

TIWARI, M. K.; SAHA, S. Donor triggered aggregation induced dual emission, mechanochromism and sensing of nitroaromatics in aqueous solution *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 2021 <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2021.109867>

TRIGO, A. G. M.; TRIGO, J. A.; MARUYAMA, U. G. R.; MELO, V. M. S. Brazilian Policy on solid waste and negative environmental impacts reduction: enabling sustainable cities and communities. *Revista Gestão e Desenvolvimento*, v. 20, n. 1, p. 130-149, 2022 <https://doi.org/10.25112/rgd.v20i1.2910>

TUANAMA, R. M. B.; CABANILLAS E. R. S. *Revisión sistemática: técnicas de conversión para generar energía a partir de residuos sólidos urbanos*. 2021. 56 f. Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad César Vallejo. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85330> acesso em 6 de junho de 2022.

VARGAS, D. B.; DELAZERI, L. M. M.; FERREIRA, V. H. P. O avanço do mercado voluntário de carbono no Brasil: desafios estruturais, técnicos e científicos. *Observatório de Economia*, 26 p. 2022. Disponível em: https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/mercado_de_carbono_2.pdf. Acesso em: 22 de setembro 2022.

VARGAS-PINEDA, O. I.; TRUJILLO-GONZÁLEZ J.M.; TORRES-MORA M. A. El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia*, v. 23, n. 2, p. 123-129, 2019 <https://doi.org/10.22579/20112629.575>

VÁSQUEZ Y. V.; BARBOZA S. E. Uso sostenible de materiales plásticos provenientes de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. *Ambiente en diálogo*, v. 2, n. 24, p. 1-17, 2021 disponível em: <https://ojs.opds.gba.gov.ar/index.php/aed/article/view/24/53> acesso em: 13 de maio de 2022.

VEDOYA, D. Aprendiendo de la naturaleza desde los procesos. *Revista Arquitecto*, v. 1, n. 1, p. 11-51, 2018. <https://doi.org/10.30972/arq.0114207>.

VELÁSQUEZ, R. P. La vida de consumo o la vida social que se consume: apreciaciones sobre la tipología ideal del consumismo de Zygmunt Bauman. *Estudios Políticos*, v. 1, n. 29, p. 115-127, 2011. Disponível em: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-16162013000200006 acesso em: 25 de junho de 2022.

VENTURA, K. S.; SUQUISAQUI, A. B. V. Aplicação de ferramentas SWOT e 5W2H para análise de consórcios intermunicipais de resíduos sólidos urbanos. *Ambiente Construído*, v. 20, n. 1, p. 333-349, 2020. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000100378>

YAS S.; PRAJAPATI P.; SHAH A.; VARJANI S. Municipal solid waste management: dynamics, risk assessment, ecological influence, advancements and perspectives. *Science of the Total Environment*, v. 1, n. 1, p. 1-17, 2021 <https://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152802>

WORLD BANK (WB). *Family of world development Indicators*. 2021 <https://databank.bancomundial.org/source/world-development-indicators#> acesso em: 2 de maio de 2022.

XU, L.; WANG, K.; SU, Y.; HE, Y.; YANG, J.; YUAN, S.; SU, Z. Surface/sub-surface crack-scattered nonlinear rayleigh waves: A full analytical solution based on elastodynamic reciprocity theorem *Ultrasonics* 2022 <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.12.082>

YAZAR, M.; YORK, A. Disentangling justice as recognition through public support for local climate adaptation policies: Insights from the Southwest US. *Urban Climate*, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.addr.2021.114029>

ZIEGLER, R.; BALZAC-ARROYO, J.; HÖLSGENS, R.; HOLZGREVE, S.; LYON, F., SPANGENBERG, J. H.; THAPA, P. P. *Social innovation for biodiversity: a literature review and research challenges ecological economics*, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111833>.

APÊNDICE A

Histórico da população RMB (1995-2020)

	Histórico de população RMB (1995-2020)							PopTot
	Ananindeua	Belém	Benevides	Castanhal	Marituba	Santa Bárbara do Pará	Santa Izabel do Pará	
1995	273.525,00	1.167.841,00	71.457,00	113.939,00		10.484,00	36.599,00	1.675.840,00
1996	341.257,00	1.144.312,00	77.369,00	117.380,00		11.549,00	39.333,00	1.733.196,00
1997	363.476,00	1.160.181,00	30.254,00	121.197,00	52.956,00	12.376,00	40.656,00	1.783.093,00
1998	382.194,00	1.173.534,00	32.043,00	124.413,00	56.087,00	13.074,00	41.771,00	1.825.114,00
1999	400.940,00	1.186.926,00	33.834,00	127.634,00	59.224,00	13.772,00	42.887,00	1.867.216,00
2000	393.569,00	1.280.614,00	35.546,00	134.496,00	74.429,00	11.378,00	43.227,00	1.975.259,00
2001	410.234,00	1.304.314,00	37.025,00	138.417,00	80.046,00	11.696,00	44.146,00	2.027.879,00
2002	423.325,00	1.322.683,00	38.458,00	141.318,00	82.095,00	11.929,00	45.310,00	2.067.120,00
2003	437.135,00	1.342.202,00	39.809,00	144.485,00	85.652,00	12.184,00	46.276,00	2.109.746,00
2004	468.463,00	1.386.482,00	42.874,00	151.668,00	93.723,00	12.764,00	48.469,00	2.206.447,00
2005	482.171,00	1.405.871,00	44.216,00	154.811,00	97.254,00	13.018,00	49.428,00	2.248.774,00
2006	498.095,00	1.428.368,00	45.774,00	158.462,00	101.356,00	13.313,00	50.543,00	2.297.917,00
2007	484.278,00	1.408.847,00	43.282,00	152.126,00	93.416,00	13.714,00	51.763,00	2.249.433,00
2008	495.480,00	1.424.124,00	45.616,00	159.110,00	98.746,00	14.439,00	54.464,00	2.293.987,00
2009	505.512,00	1.437.600,00	46.611,00	161.497,00	101.158,00	14.740,00	55.570,00	2.324.697,00
2010	471.980,00	1.393.399,00	51.651,00	173.149,00	108.246,00	17.141,00	59.466,00	2.277.042,00
2011	477.999,00	1.402.056,00	52.888,00	176.116,00	110.842,00	17.584,00	60.713,00	2.300.209,00
2012	483.821,00	1.410.430,00	54.083,00	178.986,00	113.353,00	18.012,00	61.919,00	2.322.616,00
2013	493.976,00	1.425.922,00	56.112,00	183.917,00	117.614,00	18.736,00	63.973,00	2.362.263,00
2014	499.776,00	1.432.844,00	57.393,00	186.895,00	120.305,00	19.197,00	65.251,00	2.383.675,00
2015	505.404,00	1.439.561,00	58.637,00	189.784,00	122.916,00	19.645,00	66.490,00	2.404.452,00
2016	510.834,00	1.446.042,00	59.836,00	192.571,00	125.435,00	20.077,00	67.686,00	2.424.497,00
2017	516.057,00	1.452.275,00	60.990,00	195.253,00	127.858,00	20.492,00	68.836,00	2.443.778,00
2018	525.566,00	1.485.732,00	61.689,00	198.294,00	129.321,00	20.704,00	69.746,00	2.493.070,00
2019	530.598,00	1.492.745,00	62.737,00	200.793,00	131.521,00	21.079,00	70.801,00	2.512.293,00
2020	535.547,00	1.499.641,00	63.768,00	203.251,00	133.685,00	21.449,00	71.837,00	2.531.198,00
	Taxa de crescimento do período (1995-2020)							
Período	0,957945343	0,284114019	-0,107603174	0,78385803	1,52445426	1,0458794	0,9628132	0,510405528
%	96%	28%	-11%	78%	152%	105%	96%	51%
Anos	25	25	25	23	25	25	25	25
Taxa/ano	3,83%	1,14%	-0,43%	3,41%	6,10%	4,18%	3,85%	2,04%

Fonte: elaborado pelo autor. Histórico gerado na plataforma de SNIS usando dados do IBGE.