

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Pedro Luiz Ferreira Gomes

**PROPOSIÇÃO DE FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL PARA CANTEIROS DE OBRAS DE GALPÕES
INDUSTRIAIS**

São Carlos – SP

2024

Pedro Luiz Ferreira Gomes

**PROPOSIÇÃO DE FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL PARA CANTEIROS DE OBRAS DE GALPÕES
INDUSTRIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil para obtenção
do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientação: Prof. Dr. José da Costa Marques
Neto

Área de Concentração: Construção Civil

São Carlos – SP

2024

PEDRO LUIZ FERREIRA GOMES

PROPOSIÇÃO DE FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL PARA CANTEIROS DE OBRAS DE GALPÕES INDUSTRIAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil para obtenção
do título de Mestre em Engenharia Civil. São
Carlos, 06 de setembro de 2024.

Orientador(a)

Dr. (a) José da Costa Marques Neto

Universidade Federal de São Carlos

Examinador(a)

Dr. (a) Valdir Schalch

Universidade de São Paulo

Examinador(a)

Dr.(a) Kelen Almeida Dornelles

Universidade de São Paulo

Dedico esta tese à minha família e amigos, que sempre me apoiaram nos momentos que mais precisei. Também dedico ao meu orientador, cuja orientação foi fundamental para alcançar este marco tão relevante para meu desenvolvimento profissional e pessoal. Por fim, também dedico esta tese ao meu finado avô materno, que nos deixou um mês após o começo da minha jornada no mestrado, e à minha avó materna, que também nos deixou logo após minha defesa. Espero que os senhores estejam bem. Vocês estarão para sempre em meu coração.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãos, Gislaine, Marcelo, Mariana e Marcelinho, por todo o apoio fornecido nestes meus 28 anos de vida, por sempre estarem presentes nos momentos que mais precisei, por despertarem em mim o prazer em aprender e, quem sabe, ensinar o que sei, por todo o carinho, incentivo e pela confiança no meu potencial.

À Rosimeire, por todo o apoio durante esta jornada, por me dar forças e compartilhar meus medos nos momentos de insegurança, e por toda a paciência e cuidado nestes 2 anos e meio de mestrado.

À minha avó materna, Dona Maria, por sempre me incentivar a seguir em frente, independente das diversidades, sendo um exemplo de perseverança para minha vida, mesmo após sua recente partida

Aos meus caros amigos (Everton, Letícia, Rafael, Guilherme, Diogo, José Victor, Fernando e César), pela paciência nos meus momentos de ausência, pelo ombro amigo quando eu precisava me abrir sobre algum problema e pelos momentos descontraídos que vivemos enquanto eu realizava minha tese.

Ao meu orientador, prof. Dr. José da Costa Marques Neto, por toda ajuda fornecida durante esta caminhada e por compartilhar seus conhecimentos e sugestões para a composição deste texto, os quais foram essenciais ao enriquecimento e excelência deste trabalho.

Aos prof. Dr. Érica Pugliesi, Valdir Schalch e Kelen Almeida Dornelles, pelas sugestões realizadas durante a banca de qualificação e de defesa, as quais, ao meu ver, foram essenciais para que este trabalho tivesse o melhor direcionamento possível.

Por fim, agradeço aos amigos que fiz neste período de Mestrado (Fernando, Julia, Urânia, Iany, Francine, Paulo, dentre outros), os quais me auxiliaram nesta caminhada, seja pelos trabalhos que fizemos em conjunto durante o mestrado, pelas risadas que trocamos por N motivos, ou pelas trocas de experiências de vida e de angústias sobre os assuntos envolvendo nossas teses.

“Foi o tempo que dedicaste à tua rosa que a fez tão importante.”

— O Pequeno Príncipe, de Antoine de Saint-Exupéry

RESUMO

GOMES, P. L. F. **Proposição de Ferramenta de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil para Canteiros de Obras de Galpões Industriais**. 2024. 326 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2024.

O desenvolvimento humano tem explorado intensamente os recursos naturais ao longo do tempo, e a sustentabilidade busca transformar esse padrão para garantir o uso responsável desses recursos e preservá-los para as futuras gerações. Na construção civil, a gestão de resíduos (RCC) é um desafio significativo, especialmente com as exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que atribui aos municípios a criação de Planos de Gestão de RCC e a fiscalização dos geradores. Comparado a práticas internacionais, o Brasil ainda enfrenta desafios, como a ausência de auditorias de pré-demolição e de rastreabilidade de resíduos, aspectos críticos em obras de galpões industriais, que carecem de modelos sustentáveis de gestão. Diante desse cenário, esta dissertação propôs uma ferramenta de gerenciamento de RCC para canteiros de obras de galpões industriais, baseada em extensa pesquisa bibliográfica e documental. Foram consultadas legislações, normas e resoluções, tanto nacionais quanto internacionais, além de artigos acadêmicos e certificações ambientais com foco na gestão de RCC. Para consolidar as informações, foi utilizada uma matriz comparativa, na qual foram inseridos 699 registros. Destes, 183 foram considerados de alta relevância para o desenvolvimento da ferramenta. Entre os resultados, destacam-se práticas como o uso de métodos modernos de construção e um planejamento eficiente da cadeia de suprimentos para controle de estoques e promoção de mercados resilientes de materiais secundários. A análise comparativa das normas, resoluções e certificações revelou discrepâncias na gestão de resíduos entre o Brasil e práticas internacionais. Com base nisso, foram propostos 111 indicadores para gestão micro de RCC em canteiros de obras e identificadas 64 oportunidades de melhoria para a gestão macro, que podem orientar estudos futuros. Como continuidade, pretende-se aplicar a ferramenta em diferentes canteiros de obra para obter feedback das equipes de campo e, assim, aprimorar os indicadores propostos, contribuindo para a sustentabilidade na gestão de resíduos da construção civil em obras industriais.

Palavras-chave: RCC, resíduos da construção civil, economia circular, ferramenta de gerenciamento de RCC, indicadores operacionais, canteiro de obras, galpões industriais.

ABSTRACT

GOMES, P. L. F. **Proposição de Ferramenta de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil em Obras de Galpões Industriais.** 2024. 326 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2024.

Human development has intensively exploited natural resources over time, and sustainability aims to transform this pattern to ensure responsible resource use and preserve them for future generations. In the construction sector, waste management (C&D waste) is a significant challenge, especially with the requirements of the National Solid Waste Policy (PNRS), which mandates municipalities to create C&D Waste Management Plans and oversee waste generators. Compared to international practices, Brazil still faces challenges, such as the lack of pre-demolition audits and waste traceability—critical aspects in industrial warehouse projects, which lack sustainable management models. In response to this scenario, this dissertation proposed a C&D waste management tool for industrial warehouse construction sites, based on extensive bibliographic and documentary research. Legislation, standards, and resolutions, both national and international, were reviewed, along with academic articles and environmental certifications focused on C&D waste management. To consolidate the information, a comparative matrix was used, in which 699 records were entered. Of these, 183 were considered highly relevant for the tool's development. The results highlight practices such as the use of modern construction methods and efficient supply chain planning for inventory control and the promotion of resilient secondary materials markets. Comparative analysis of standards, resolutions, and certifications revealed discrepancies in waste management between Brazil and international practices. Based on this, 111 micro C&D waste management indicators were proposed for construction sites, and 64 macro-level improvement opportunities were identified to guide future studies. Going forward, the tool is intended to be applied across different construction sites to gather feedback from field teams, thus refining the proposed indicators and contributing to sustainable construction waste management in industrial projects.

Keywords: *CDW, construction and demolition waste, circular economy, CDW management tool, operational indicators, construction site, industrial warehouses, industrial distribution centers.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - GERAÇÃO DE EMPREGOS NA CADEIA PRODUTIVA DA CONSTRUÇÃO ENTRE 2007 E 2021	11
FIGURA 2 - PIRÂMIDE DA INFORMAÇÃO AMBIENTAL	13
FIGURA 3 - EXEMPLOS DE RESÍDUOS DE CLASSE A (FRAGMENTOS DE TELHAS, BLOCOS CERÂMICOS E RESTOS DE CONCRETO)	21
FIGURA 4 - EXEMPLO DE RESÍDUO DE CLASSE B (PEDAÇOS DE MADEIRA DE DEMOLIÇÃO)	22
FIGURA 5 - EXEMPLO DE RESÍDUO DE CLASSE C (POLIURETANO EXPANDIDO)	23
FIGURA 6 - EXEMPLO DE RESÍDUO DE CLASSE D (RESTOS DE TINTA)	24
FIGURA 7 – HIERARQUIA DOS RESÍDUOS CONFORME POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS	32
FIGURA 8 - 5 R DA HIERARQUIA “DESPERDÍCIO ZERO”	33
FIGURA 9 - INDICADORES – ASPECTO FÍSICO 2	40
FIGURA 10 - FLUXO DE GESTÃO ORGANIZACIONAL	41
FIGURA 11 - EXEMPLO DE GALPÃO EM ARCO EM CONSTRUÇÃO	42
FIGURA 12 - ESTIMATIVA DE RCC COLETADA NAS DIVERSAS REGIÕES DO PAÍS EM 2020, EM TONELADAS POR ANO	44
FIGURA 13 - ESTIMATIVA DE RCC COLETADA PER CAPITA NAS DIVERSAS REGIÕES DO PAÍS EM 2020, EM QUILOS POR HABITANTE POR ANO	44
FIGURA 14 - METODOLOGIA UTILIZADA PARA ELABORAÇÃO DESTA TESE	51
FIGURA 15 – ÁREAS ANALISADAS EM CADA TIPOLOGIA DA CERTIFICAÇÃO LEED.	70
FIGURA 16 – NÍVEIS DE CLASSIFICAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO LEED CONFORME PONTUAÇÃO OBTIDA.	71
FIGURA 17 – CLASSIFICAÇÕES DA CERTIFICAÇÃO BREEAM.....	75
FIGURA 18 – CLASSIFICAÇÕES DA CERTIFICAÇÃO GREEN STAR.	76
FIGURA 19 – CAMINHOS DE CADA UMA DAS 4 CERTIFICAÇÕES GREEN STAR. ...	78
FIGURA 20 – DIVISÃO DAS CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO PARA Q: QUALIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO E L: CARGA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO COM BASE NA FRONTEIRA DO ESPAÇO FECHADO VIRTUAL	81
FIGURA 21 – ROTULAGEM AMBIENTAL BASEADA NA EFICIÊNCIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO (BEE)	82
FIGURA 22 – ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DE INSTALAÇÕES DE INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS	127
FIGURA 23 – EXEMPLO DE UMA MARCA DE DESCARGA SEPARADA	132
FIGURA 24 – FUNCIONALIDADES DO APLICATIVO MÓVEL PARA DIFERENTES TIPOS DE USUÁRIOS	172

FIGURA 25 - EXTERNALIDADES DE REDE DA PLATAFORMA DE NEGOCIAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC).	178
FIGURA 26 – PORCENTAGEM DE REGISTROS POR RELEVÂNCIA (ESPAÇO AMOSTRAL TOTAL)	186
FIGURA 27 – PORCENTAGEM DE REGISTROS POR RELEVÂNCIA (ESPAÇO AMOSTRAL SEM REGISTROS IRRELEVANTES)	187
FIGURA 28 – PORCENTAGEM DE REGISTROS POR RELEVÂNCIA (LEGISLAÇÕES ESTADUAIS).....	188
FIGURA 29 – PORCENTAGEM DE REGISTROS POR RELEVÂNCIA (LEGISLAÇÕES MUNICIPAIS).....	188
FIGURA 30 – PORCENTAGEM DE REGISTROS POR RELEVÂNCIA (LEGISLAÇÕES INTERNACIONAIS)	189
FIGURA 31 – PORCENTAGEM DE REGISTROS POR RELEVÂNCIA (REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA).....	189
FIGURA 32 – PORCENTAGEM DE REGISTROS POR RELEVÂNCIA (CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS)	190
FIGURA 33 – PORCENTAGEM DE REGISTROS POR RELEVÂNCIA (CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS SEM REGISTROS IRRELEVANTES)	190
FIGURA 34 – PORCENTAGEM DE REGISTROS POR ESPAÇO AMOSTRAL	192
FIGURA 35 – PORCENTAGEM DE REGISTROS POR ESPAÇO AMOSTRAL (SEM REGISTROS IRRELEVANTES).....	192
FIGURA 36 – PORCENTAGEM DE REGISTROS COM ALTA RELEVÂNCIA POR ESPAÇO AMOSTRAL	193

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – MODELO DE PREENCHIMENTO DA MATRIZ COMPARATIVA DE MODELOS DE GESTÃO	56
QUADRO 2 – ESPAÇO AMOSTRAL C: ESPAÇO AMOSTRAL DOS PAÍSES ESCOLHIDOS PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISAS SOBRE GESTÃO DE GERENCIAMENTO DE RCC	62
QUADRO 3 – PALAVRAS-CHAVE ADOTADAS NA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA DESTA DISSERTAÇÃO.....	63
QUADRO 4 – <i>STRINGS</i> DE BUSCA UTILIZADOS NA RBS.....	64
QUADRO 5 – <i>STRINGS</i> DE BUSCA X BASES DE DADOS	65
QUADRO 6 – EXEMPLO DE PREENCHIMENTO DA PLANILHA DE RESULTADOS OBTIDOS ANTES DA EXCLUSÃO DOS REGISTROS DUPLICADOS	66
QUADRO 7 – EXEMPLO DE PREENCHIMENTO DA PLANILHA DE RESULTADOS OBTIDOS APÓS A EXCLUSÃO DOS REGISTROS DUPLICADOS.....	66
QUADRO 8 – EXEMPLO DE PREENCHIMENTO DOS RESULTADOS OBTIDOS PELA RBS	68
QUADRO 9 – FATORES IDENTIFICADOS QUE AFETAM OS RCC EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO	148
QUADRO 10 – PRINCIPAIS INDICADORES DE TÉCNICAS DE REDUÇÃO DE RESÍDUOS ALIADAS À CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	157
QUADRO 11 – OPORTUNIDADES DE PREVENÇÃO DE RESÍDUOS NA FASE DE DESIGN.....	158
QUADRO 12 – APLICABILIDADE, ECONOMIA E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS ALCANÇÁVEIS EM ALGUMAS DAS MELHORES PRÁTICAS DE GESTÃO AMBIENTAL PARA RCC SEGUNDO GALVEZ-MARTOS <i>ET AL.</i> (2018)	160
QUADRO 13 – PRINCIPAIS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE SUGERIDOS POR FONSÊCA <i>ET AL.</i> (2022)	165
QUADRO 14 – LIMITAÇÕES RELACIONADAS A PROCESSOS NO GERENCIAMENTO E MINIMIZAÇÃO DE RCC	168
QUADRO 15 – LIMITAÇÕES RELACIONADAS A POLÍTICAS NO GERENCIAMENTO E MINIMIZAÇÃO DE RCC	169
QUADRO 16 – PRINCIPAIS INDICADORES DE EFETIVIDADE DE GESTÃO DE RCC DESENVOLVIDOS POR GUIMARÃES E FIORE (2020).....	174
QUADRO 17 – OPORTUNIDADES DE MELHORIA NA GESTÃO DE RCC NOS CANTEIROS DE OBRA OBTIDOS DA ANÁLISE DE NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL ESTADUAL.....	194
QUADRO 18 – OPORTUNIDADES DE MELHORIA NA GESTÃO DE RCC NOS CANTEIROS DE OBRA OBTIDOS DA ANÁLISE DE NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL MUNICIPAL	195
QUADRO 19 – OPORTUNIDADES DE MELHORIA NA GESTÃO DE RCC NOS CANTEIROS DE OBRA OBTIDOS DA ANÁLISE DE NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL INTERNACIONAL	197

QUADRO 20 – OPORTUNIDADES DE MELHORIA NA GESTÃO DE RCC NOS CANTEIROS DE OBRA OBTIDOS PELA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA	207
QUADRO 21 – OPORTUNIDADES DE MELHORIA NA GESTÃO DE RCC NOS CANTEIROS DE OBRA OBTIDOS PELA ANÁLISE DAS PRINCIPAIS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS COM INDICADORES DE GESTÃO DE RCC	218
QUADRO 22 – OPORTUNIDADES DE MELHORIA NA GESTÃO DE RCC NOS CANTEIROS DE OBRA (GESTÃO MICRO)	223
QUADRO 23 – FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE RCC EM CANTEIROS DE OBRAS DE GALPÕES INDUSTRIAIS	246
QUADRO 24 – OPORTUNIDADES DE MELHORIA NA GESTÃO MACRO DE RCC .	265

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ESPAÇO AMOSTRAL DOS MUNICÍPIOS ESCOLHIDOS PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISAS SOBRE GESTÃO DE GERENCIAMENTO DE RCC.....	53
TABELA 2 – ESPAÇO AMOSTRAL A: 20 PAÍSES COM MAIORES POPULAÇÕES.....	60
TABELA 3 – ESPAÇO AMOSTRAL B: 20 PAÍSES COM MAIORES PRODUTOS INTERNOS BRUTOS (PIB).....	61
TABELA 4 – CLASSIFICAÇÃO DOS REGISTROS OBTIDOS NA MATRIZ COMPARATIVA DE MODELOS DE GESTÃO	88

LISTA DE EQUAÇÕES

Alt.res = Vol.resATC X 100

(1)..... 155

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ACV – Análise de Ciclo de Vida

ADB – Asian Development Bank

AL – Estado de Alagoas

AM – Estado de Amazonas

ARCI – Agregado reciclado cimentício

ARCO – Agregado reciclado de concreto

ARM – Agregado reciclado misto

AQUA – Alta Qualidade Ambiental

ATT – Área de Transbordo e Triagem de Resíduos da Construção Civil

BA – Estado da Bahia

BEE – Built Environment Efficiency

BIM – Building Information Model

BRE – Building Research Establishment

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology

BRL SVMS-007 – Assessment Directive Safe and Environmentally-friendly Demolition (Holanda)

BSI – British Standards Institution

C1 – Critério de classificação 1

C2 – Critério de classificação 2

C2C - Cradle-To-Cradle

C2G – Cradle-To-Grave

CASBEE – Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency

(CASBEE)-EB – Existing Buildings

(CASBEE)-HI – Heat Island Relaxation

(CASBEE)-NC – New Construction

(CASBEE)-RN – For Renovation

(CASBEE)-TC – Temporary Construction

(CASBEE)-UD – For Urban Development

CDW – Construction and Demolition Waste

CE – Estado do Ceará

CE – Comunidade Europeia

CE – Conformité Européenne

CEEQUAL – Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Award Scheme

CEN - Comité Européen de Normalisation (Comitê Europeu de Normalização)

CEREMA - Centre D'études Et D'expertise Sur Les Risques, L'environnement, La Mobilité Et L'aménagement

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CNY – Chinese Yuan

CO2 – Dióxido de Carbono

COM – Documento da Comissão Europeia

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPCB – Central Pollution Control Board (Índia)

CRES – Coordenadoria de Resíduos Sólidos (Estado do Paraná)

CTR – Controle de Transporte de Resíduos

CWMP – Construction Waste Management Plan (Canadá)

C&D – Construction and Demolition

DF – Distrito Federal

DFRS – Departamento de Fiscalização de Resíduos Sólidos (Estado do Paraná)

DfE – Design for Environment

DIN – Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemão de Normalização)

DIN EN – sigla de norma alemã harmonizada com uma norma europeia

DRS – Documento de Referência Setorial

EEA – European Environment Agency

EEC – European Economic Community

EMAS – Eco-Management and Audit Scheme

EPD – Environmental Protection Department

EPR – Extended Producer Responsibility

ESCO – Energy Service Company

ESG – Environmental and Social Governance

EUR – Euro

FMI – Fundo Monetário Internacional

FIM - Fund International Monetary

GBCA – Green Building Council of Australia
GBC Brasil – Green Building Council Brasil
GCC - Gallery Climate Coalition
GewAbfV – Gewerbeabfallverordnung (Regulamento de Resíduos Comerciais)
GSA – General Services Administration (EUA)
HBB – Human Biology Building
HKBEAM – Hong Kong’s Building Environmental Assessment Method
HQE – Haute Qualité Environnementale
HQM – Home Quality Mark
IBECs – Institute for Building Environment and Energy Conservation
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICA – Indicador de Condição Ambiental
ICC – Indústria da Construção Civil
ICD – Indicador-Chave de Desempenho
IDA – Indicador de Desempenho Ambiental
IDG – Indicador de Desempenho Gerencial
IDO – Indicador de Desempenho Operacional
iiSBE – International Initiative for a Sustainable Environment
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISO – International Organization for Standardization
JSBC – Japan Sustainable Building Consortium
JRC – Joint Research Centre
KPI – Key Performance Indicator
LEED – Leadership in Energy and Environmental Design
(LEED) BD+C – Building Design + Construction
(LEED)ID+C – Interior Design + Construction
(LEED)ND – Neighborhood
(LEED)O+M – Operation & Maintenance
LEV – Local de Entrega Voluntária
MA – Estado do Maranhão
MAH – Mater Adult Hospital
MG – Estado de Minas Gerais
MLIT - Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (Japão)

MMA – Ministério do Meio Ambiente
MMC – Modern Methods of Construction
MS – Estado do Mato Grosso do Sul
MTR – Manifesto de Transporte de Resíduos
NWMP – National Waste Management Policy (Holanda)
ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONG – Organização Não-Governamental
OPALIS – Outil de Promotion et d'Analyse de la Ligne de l'Industrie de la Recyclage de Matériaux de Construction à Bruxelles
PA – Estado do Pará
PA – Plano de Ação
PCB - Polychlorinated Biphenyls (Bifelinas Policloradas)
PDI – Plano de Desenvolvimento Individual
PDGIRS – Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PE – Estado de Pernambuco
PEV – Ponto de Entrega Voluntária
PGIRS – Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (Guarulhos – SP e Belém – PA)
PGR – Plano de Gerenciamento de Resíduos
PGRCC – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PGRS – Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PI – Estado de Piauí
PIB – Produto Interno Bruto
Planares – Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PMGRCC – Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
PR – Estado do Paraná
P&D – Pesquisa e Desenvolvimento
Q1 – Critério de qualificação 1
Q2 – Critério de qualificação 2
RBS – Revisão Bibliográfica Sistemática
RCC – Resíduos da Construção Civil
RCCV – Resíduos da Construção Civil e Volumosos (definição antiga)

RCD – Resíduos da Construção e Demolição (definição antiga)

RCRA – Resource Conservation and Recovery Act (EUA)

REP – Responsabilidade Estendida do Produtor

RJ – Estado do Rio de Janeiro

RS – Estado do Rio Grande do Sul

RSD – Resíduos Sólidos Domiciliares

RSS – Resíduos Sólidos de Saúde

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SBTool – Sustainable Building Tool

SciELO – Scientific Electronic Library Online

SDCI – Seattle Department of Construction and Inspections

SEIRS/PR – Sistema Estadual de Informações sobre Resíduos Sólidos do Estado do Paraná

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

SGS – Société Générale De Surveillance (Holanda)

Sigor – Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos (Estado de São Paulo)

SIMA – Subsecretaria do Meio Ambiente (Estado de São Paulo)

SindusCon – Sindicato da Indústria da Construção Civil

SIURB – Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras (São Paulo – SP)

SNIS – Sistema Nacional de Informações de Saneamento

SNS – Secretaria Nacional de Saneamento

SP – Estado de São Paulo

SPU – Seattle Public Utilities

SR BTP – Syndicat des Recycleurs du Bâtiment Travaux Publics

TI – Tecnologias da Informação

TRACIMAT – Tracing and Tracking of Mineral Resource Material

U.S. EPA – United States Environmental Protection Agency

UE – União Europeia

UF – Unidade da Federação

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

URM – Unidade de Reciclagem de Materiais

URPV - Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes

USA – United States of America

USD – United States Dollar

USP – Universidade de São Paulo

WBDG – Whole Building Design Guide

WHO – World Health Organization

WMEI – Waste Management Effectiveness Index

WQMI – Waste Quality Management Index

WRAP – Waste & Resources Action Programme

WSQI – Waste Segregation Quality Indicator

ZWIA – Zero Waste International Alliance

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	JUSTIFICATIVA.....	10
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA.....	14
1.3	OBJETIVOS	14
1.3.1	Geral.....	14
1.3.2	Específicos	14
1.4	DELIMITAÇÕES DA DISSERTAÇÃO	15
1.5	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	15
2	REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1	PRINCIPAIS DEFINIÇÕES DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	17
2.2	CLASSIFICAÇÕES DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) EM TERRITÓRIO NACIONAL	19
2.3	CONCEITOS DE GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)	25
2.4	POLÍTICA DOS 3 R E O CONCEITO “ZERO WASTE”	30
2.5	PRINCIPAIS ENTRAVES PARA A GESTÃO E O GERENCIAMENTO ADEQUADOS DE RCC.....	34
2.6	UTILIZAÇÃO DE INDICADORES OPERACIONAIS PARA AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RCC.....	37
2.7	PRINCIPAIS DEFINIÇÕES SOBRE GALPÕES.....	41
2.8	PANORAMA DA SITUAÇÃO ATUAL	43
3	METODOLOGIA	49
3.1	ESTRATÉGIAS DE PESQUISA	49
3.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA	50
3.2.1	Análise de Normas e Legislações a Nível Nacional	52
3.2.2	Alimentação da Matriz Comparativa de Modelos de Gestão de RCC.....	54
3.2.3	Análise de Normas e Legislações a Nível Internacional.....	60
3.2.4	Revisão Bibliográfica Sistemática	63
3.2.5	Análise das Principais Certificações Ambientais com Indicadores de Gestão de RCC.....	69
3.2.6	Consolidação dos Dados Levantados.....	85
3.2.7	Comparação das Particularidades Encontradas.....	86
3.2.8	Proposição de Ferramenta de Gerenciamento de RCC em Canteiros de Obras de Galpões Industriais.....	87

4	RESULTADOS	88
4.1	RESULTADOS – MATRIZ COMPARATIVA DE MODELOS DE GESTÃO	88
4.2	RESULTADOS – NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL NACIONAL.....	88
4.3	RESULTADOS – NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL ESTADUAL	89
4.3.1	Informações Gerais Obtidas das Legislações Estaduais	89
4.3.2	São Paulo.....	89
4.3.3	Distrito Federal.....	90
4.3.4	Particularidades de Gestão Macro de RCC encontradas nas Políticas Estaduais	90
4.4	RESULTADOS – NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL MUNICIPAL	95
4.4.1	Informações Gerais Obtidas das Legislações Municipais.....	95
4.4.2	Belo Horizonte – MG.....	96
4.4.3	Guarulhos – SP.....	96
4.4.4	São Paulo – SP	97
4.4.5	Particularidades de Gestão Macro de RCC encontradas nas Políticas Municipais.....	98
4.5	RESULTADOS – NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL INTERNACIONAL..	102
4.5.1	Estados Unidos.....	103
4.5.2	Canadá.....	105
4.5.3	Coreia do Sul.....	107
4.5.4	Itália.....	107
4.5.5	China	107
4.5.6	União Europeia.....	114
4.5.7	Particularidades de Gestão Macro de RCC encontradas nas Legislações Internacionais	125
4.6	RESULTADOS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA	146
4.6.1	Meckwan e Patel (2019).....	147
4.6.2	Kelly e Dowd (2017).....	150
4.6.3	Wu, Yu e Poon (2019)	153
4.6.4	Dalla Zanna, Fernandes e Gasparine (2017)	154
4.6.5	Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).....	157
4.6.6	Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018)	157
4.6.7	Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021)	162
4.6.8	Ruiz, Ramón e Domingo (2020)	162
4.6.9	Fonsêca <i>et al.</i> (2022)	164
4.6.10	Won e Cheng (2017)	167

4.6.11	Particularidades de Gestão Macro de RCC encontradas no Espaço Amostral de Artigos Acadêmicos	169
4.7	RESULTADOS – ANÁLISE DAS PRINCIPAIS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS COM INDICADORES DE GESTÃO DE RCC	181
4.7.1	<i>LEED v4.1 Building Design and Construction (BD+C)</i>	182
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	186
5.1	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS – MATRIZ COMPARATIVA DE MODELOS DE GESTÃO	186
5.2	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS – NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL ESTADUAL.....	194
5.3	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS – NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL MUNICIPAL.....	194
5.4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS – NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL INTERNACIONAL	196
5.5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA	206
5.6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS – ANÁLISE DAS PRINCIPAIS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS COM INDICADORES DE GESTÃO DE RCC.....	217
5.7	COMPARAÇÃO ENTRE DADOS LEVANTADOS	220
5.8	PROPOSIÇÃO DE FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM CANTEIROS DE OBRAS DE GALPÕES INDUSTRIAIS.....	243
5.9	OPORTUNIDADES DE MELHORIA NA GESTÃO MACRO DE RCC	263
5.10	LIMITAÇÕES DA DISSERTAÇÃO	280
6	CONCLUSÕES.....	284
	REFERÊNCIAS.....	286
	GLOSSÁRIO.....	311
	APÊNDICE A – LISTA DE DOCUMENTOS ESTUDADOS A NÍVEL FEDERAL (MATRIZ – PONTO 0)	315
	APÊNDICE B – LISTA DE DOCUMENTOS ESTUDADOS E UTILIZADOS NA MATRIZ COMPARATIVA DE MODELOS DE GESTÃO DE RCC (MATRIZ - ESTADOS)	318
	APÊNDICE C – LISTA DE DOCUMENTOS ESTUDADOS E UTILIZADOS NA MATRIZ COMPARATIVA DE MODELOS DE GESTÃO DE RCC (MATRIZ - MUNICÍPIOS).....	320
	APÊNDICE D – LISTA DE DOCUMENTOS ESTUDADOS E UTILIZADOS NA MATRIZ COMPARATIVA DE MODELOS DE GESTÃO DE RCC (MATRIZ - INTERNACIONAL)	321

APÉNDICE E – LISTA DE DOCUMENTOS ESTUDADOS E UTILIZADOS NA MATRIZ COMPARATIVA DE MODELOS DE GESTÃO DE RCC (MATRIZ - RBS)	325
APÉNDICE F – LISTA DE DOCUMENTOS ESTUDADOS SOBRE CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS (MATRIZ – CERTIFICAÇÕES)	328
ANEXO A - PARTICIPAÇÕES RELATIVAS DE ATIVIDADES ECONÔMICAS E COMPONENTES DA DESPESA ATÉ 2021.....	330

1 INTRODUÇÃO

As ações do ser humano ao longo da história levaram a uma busca contínua pela utilização dos recursos naturais disponíveis como matéria-prima para a fabricação de produtos, assim como para o crescimento das cidades. Com o advento das filosofias de desenvolvimento sustentável e de economia circular, este modelo de exploração desenfreada começou a ser questionado, uma vez que os recursos naturais não são inesgotáveis como se acreditava antigamente e sua utilização sem planejamento adequado pode afetar a qualidade de vida das gerações futuras. Devido a esta preocupação com a sustentabilidade, atualmente os diferentes setores da sociedade buscam utilizar os recursos naturais existentes de uma forma mais consciente, trazendo benefícios ao meio ambiente e à própria qualidade de vida da população.

Neste contexto de construção sustentável e economia circular, os resíduos da construção civil (RCC), assim como sua gestão e gerenciamento, ganham uma importância cada vez maior, já que qualquer intervenção humana gera resíduos, os quais criam grandes desafios aos administradores públicos, à sociedade e aos pesquisadores. Tais desafios se concentram principalmente em sua destinação final, a qual deve ser feita considerando as características dos diferentes tipos de RCC gerados no decorrer de cada obra.

Apesar da existência de inúmeras legislações que regulem a gestão e o gerenciamento de RCC em território nacional, ainda há uma grande defasagem de conhecimento sobre o assunto ao se comparar as normas, diretrizes e leis existentes com modelos de gestão em vigor em outros países, como Estados Unidos, China e Itália. Tais modelos apresentam taxas de recuperação e reciclagem mínimas, assim como regulamentos quanto à utilização de materiais biodegradáveis e componentes que gerem menores impactos ao meio ambiente, características estas que ainda não estão incluídas nas legislações nacionais. Desta forma, percebe-se que ainda há um grande caminho para a gestão e o gerenciamento de resíduos em território nacional se equiparar aos modelos encontrados ao redor do mundo.

Os resíduos da construção civil, embora frequentemente sejam considerados menos problemáticos do que os resíduos sólidos domiciliares, eles continuam a representar uma parcela significativa do volume de lixo gerado nas cidades. De acordo com Schamne e Nagali (2018), estima-se que o volume de RCC no Brasil represente, aproximadamente, 67% do total

de resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados no Brasil. Além disso, de acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, de 2020, os RCC também ocupam cerca de 50% a 70% da massa total dos resíduos sólidos urbanos no Brasil (ABRELPE, 2020).

Levando em conta que os canteiros de obras são os ambientes em que são executadas as principais atividades da construção civil, com diversos serviços sendo realizados de forma simultânea, sendo, portanto, responsável por ocasionar impactos ambientais e sociais relevantes, as atividades de monitoramento e avaliação de consumo nestes locais possibilita que as empresas identifiquem falhas nos sistemas operacionais, visando o aperfeiçoamento e obtenção de maior eficiência de utilização dos recursos durante as obras (MARQUES *et al.*, 2017).

Neste sentido, a aplicação de indicadores nos canteiros de obras possui uma relevância ímpar, pois são instrumentos utilizados para mensurar e/ou medir o desempenho dos mecanismos de gestão utilizados por uma organização. A avaliação do desempenho organizacional por meio da utilização de indicadores é fundamental para o desenvolvimento e evolução das práticas vigentes, assim como para a documentação e medição de seus resultados (SILVEIRA; AZEVEDO, 2021).

Conforme já mencionado pela Agência Europeia do Ambiente (*EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY*, 2005), os indicadores são capazes de representar de maneira simples fenômenos complexos de uma organização, possibilitando o traçado de curvas de tendência e a obtenção de séries históricas de determinados parâmetros.

Em complemento aos pontos mencionados até então, entende-se que a inexistência de dados atualizados sobre geração e composição dos RCC, aliada ao desconhecimento dos impactos gerados devido a deposições irregulares em corpos hídricos e solos no entorno dos canteiros de obra, demonstra ainda mais a importância de uma gestão eficiente destes resíduos.

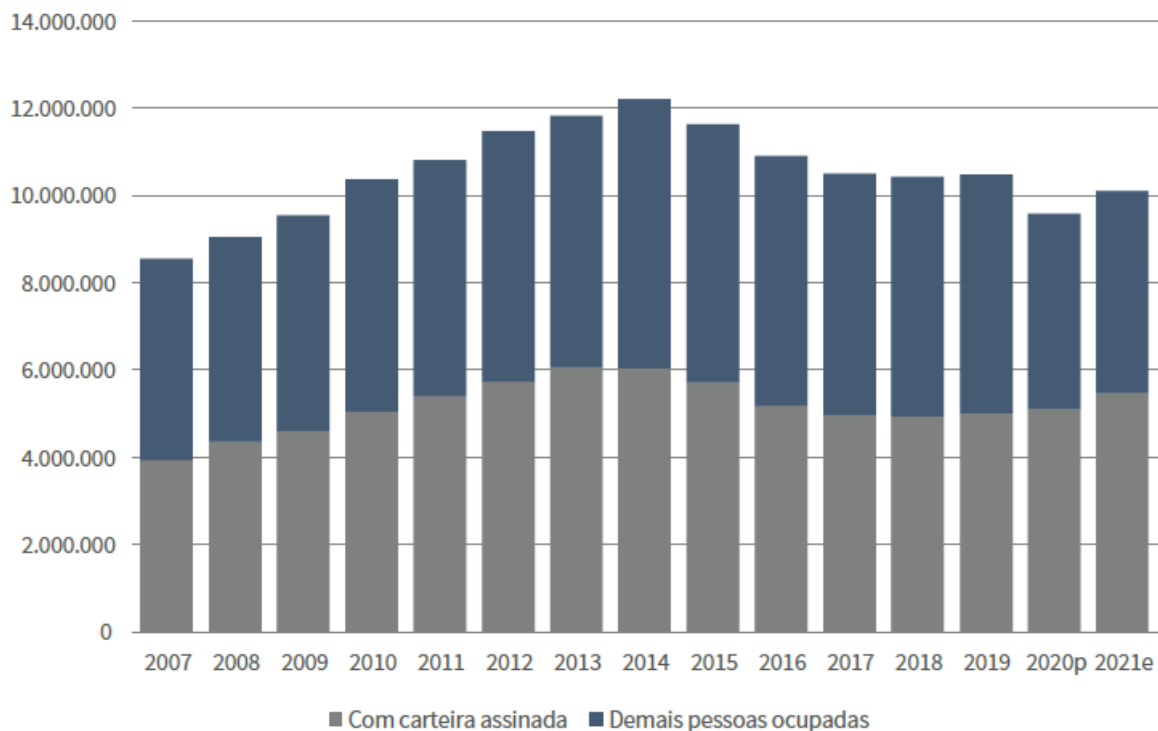
1.1 JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas o Brasil vem passando por grandes transformações geradas por um processo de urbanização cada vez mais rápido, com a população urbana chegando a mais

de 84% nos últimos anos (IBGE, 2021). Neste sentido, é notável a concentração deste processo nas cinco maiores regiões metropolitanas do país, uma vez que 35% do aumento populacional apresentado nos últimos anos está concentrado nestas regiões.

Neste contexto de crescente urbanização, a Indústria da Construção Civil se destaca por gerar uma grande quantidade de empregos a cada ano. No ano de 2019 as atividades de ICC empregaram aproximadamente 10,7 milhões de pessoas. Já em 2020, conforme dados preliminares do IBGE e do Ministério do Trabalho e Previdência, 9,5 milhões de empregos foram gerados no setor. Quanto ao ano de 2021, estima-se que 10 milhões de pessoas tenham sido empregadas no setor, conforme demonstrado na Figura 1 (CONSTRUBUSINESS, 2021).

Figura 1 - Geração de empregos na cadeia produtiva da construção entre 2007 e 2021



Onde (p) Dado preliminar e (e) Estimativa. Fonte: Adaptado de Construbusiness (2021).

Além disso, cabe destacar que, apesar da instabilidade gerada no setor nos últimos anos, principalmente devido à pandemia do COVID-19, a Indústria da Construção Civil ainda é considerada um dos pilares da economia do país, representando 3,3% do Produto Interno Bruto (PIB) Brasileiro em 2021 (IBGE, 2022a), conforme demonstrado no Anexo A.

Outro ponto relevante da Construção Civil refere-se ao alto consumo de recursos e à consequente geração de resíduos, os quais causam grandes impactos ao meio ambiente em que as construções estão inseridas (SÃO PAULO, 2012), fazendo com que a Construção Civil seja uma atividade potencialmente degradante.

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2022a), foram coletadas entre 99.354 a 123.421 ton./dia de RCC no país entre 2010 e 2018, o que representa uma geração média de 111.387,5 ton./dia no período. Em relação aos resíduos sólidos urbanos (RSU), neste mesmo período, foram coletadas, em média, 200.000 ton./dia. Sendo assim, entre 2010 e 2018, a quantidade de RCC coletada correspondeu a 55,7% do total de RSU gerados.

Quanto à geração per capita de RCC no Brasil, segundo Delongui *et al.* (2011), esta situa-se entre 0,23 e 0,76 ton./hab. ano, com uma média de 0,51 ton./hab. ano. Quanto às estimativas internacionais, Coronado *et al.* (2011) levantaram que, em alguns países-membros da União Europeia, a geração *per capita* de RCC variava entre 0,32 e 5,90 ton./hab. ano.

Além destas estimativas de geração de resíduos da construção civil, pesquisas também demonstram que a falta de conhecimento e de um modelo de gestão adequado de RCC em alguns municípios pode até desestimular cidades próximas, fazendo com que estas muitas vezes nem sequer comecem a elaborar leis sobre o assunto (TESSARO *et al.*, 2012).

Neste sentido, a utilização de indicadores para a avaliação dos mecanismos de gestão e gerenciamento de resíduos da construção civil é essencial para a melhoria do processo como um todo. Segundo Sánchez (2013), os indicadores podem ser utilizados para interpretar acontecimentos e cenários ambientais complexos, pois fornecem, de forma geral, uma base adequada para interpretação de dados ambientais. A Figura 2 representa a pirâmide da informação ambiental.

Figura 2 - Pirâmide da Informação Ambiental

Fonte: Modificado de Hammond *et al.* (1995).

A partir da análise sistemática de um conjunto de dados da pirâmide, Silva, Selig, Morales (2012) acreditam que o uso de indicadores como ferramenta gerencial possibilita a mensuração de modificações em um sistema, assim como sua avaliação de desempenho, uma vez que os indicadores fornecem informações relevantes para a avaliação organizacional.

Outro ponto de destaque se refere à utilização de práticas adequadas de gestão e gerenciamento de RCC, sejam elas no contexto micro (voltado aos canteiros de obras) ou macro (municípios, estados, ou mesmo o país inteiro). De acordo com o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2020), a adoção de práticas adequadas de gerenciamento de RCC pode reduzir os custos nos orçamentos públicos. Um exemplo disso é a implementação de 17 Pontos de Entrega Voluntária (PEV) no município de Guarulhos, os quais, em um período de 11 anos, possibilitaram uma economia de aproximadamente R\$ 87,4 milhões pelo não recolhimento de descartes irregulares, além de uma receita de R\$ 7,7 milhões e a substituição de agregados naturais por agregados produzidos em usinas de reciclagem (DE AMORIM, 2016).

Em relação ao foco de estudo desta Dissertação, ou seja, canteiros de obras de galpões industriais, nota-se que, por causa do aumento no número de compras realizadas em lojas

virtuais durante a pandemia, este é um dos setores da Indústria da Construção Civil com maior crescimento. Devido a isso, o número de obras de galpões realizadas no país aumentou significativamente.

Apesar da importância do setor no panorama atual, não há muitas pesquisas referentes à gestão de resíduos da construção civil neste tipo de edificação, sejam elas voltadas para operações industriais ou logísticas. Dessa forma, percebe-se que este trabalho tem como enfoque um tema muito estudado a nível mundial (gestão de resíduos da construção civil), porém, com poucas aplicações baseadas em indicadores de gestão e gerenciamento de RCC em canteiros de obras de galpões industriais.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Neste sentido, esta Dissertação tem como base o seguinte Problema de Pesquisa: Quais benefícios podem ser gerados na gestão e no gerenciamento de resíduos da construção civil de canteiros de obras de galpões industriais ao aplicar indicadores de gestão adaptados de modelos inovadores retirados da literatura (como legislações e normas municipais, estaduais ou aplicadas no contexto internacional; artigos acadêmicos e certificações ambientais)?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Geral

O objetivo principal deste trabalho é elaborar uma “Ferramenta de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil” com base em perguntas/indicadores, adaptando as principais características encontradas em modelos inovadores nacionais, internacionais (como legislações, normas e diretrizes), e, artigos acadêmicos e/ou em certificações ambientais, possibilitando melhorias na gestão e no gerenciamento de RCC em canteiros de obras de galpões industriais.

1.3.2 Específicos

Além do objetivo principal demonstrado anteriormente, também são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Demonstrar o estado da arte sobre a gestão de resíduos da construção civil (RCC) em canteiros de obras de galpões industriais, visando identificar práticas, tecnologias e metodologias atuais, assim como levantar possíveis melhorias que podem ser geradas neste tipo de obra ao aplicar indicadores adaptados de modelos internacionais, certificações/indicadores operacionais e trabalhos acadêmicos;
- Identificar lacunas existentes que não são abordadas pelas políticas e resoluções federais vigentes, apontando oportunidades para o aperfeiçoamento das práticas de gestão e gerenciamento de RCC no Brasil; e
- Caracterizar os tipos de resíduos da construção civil mais comuns em obras de galpões industriais, propondo indicadores de consumo personalizados, com base nos resíduos com maior incidência neste tipo de obra.

1.4 DELIMITAÇÕES DA DISSERTAÇÃO

Para se ter um recorte teórico adequado do Tema de Pesquisa em questão, esta dissertação será delimitada na proposta de uma “Ferramenta de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil com base em perguntas/indicadores para canteiros de obras de galpões industriais”.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta Dissertação é composta por 5 capítulos além da Introdução, conforme será demonstrado a seguir.

No capítulo 2 é apresentada a Revisão da Literatura utilizada como base para realização desta Dissertação.

No capítulo 3 demonstra-se a Metodologia de Pesquisa que foi adotada para o desenvolvimento do Tema proposto.

No capítulo 4 estão inseridos os resultados obtidos durante a realização da Dissertação, separados pelas etapas demonstradas no capítulo anterior (Legislações Nacionais, Legislações Internacionais, Revisão Bibliográfica Sistemática e Certificações Ambientais).

No capítulo 5 os resultados obtidos no último capítulo são discutidos de acordo com a etapa da Metodologia em que cada um deles foi encontrado. Neste capítulo também foi feita uma comparação entre os dados levantados em cada etapa. A partir desta comparação a ferramenta de gerenciamento de RCC em canteiros de obras de galpões industriais foi elaborada, assim como foram encontradas oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC e levantadas as limitações existentes na própria ferramenta.

Por fim, no capítulo 6 estão as conclusões obtidas a partir da realização desta Dissertação.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para um maior entendimento sobre o assunto, a Revisão da Literatura desta Dissertação foi dividida em oito temas igualmente relevantes para o assunto abordado: (i) principais definições de resíduos da construção civil; (ii) classificações dos resíduos da construção civil em território nacional; (iii) conceitos de gestão e gerenciamento de resíduos da construção civil (RCC); (iv) Política dos 3 R e o conceito do “*Zero Waste*”; (v) principais entraves para a gestão e o gerenciamento adequados de RCC; (vi) utilização de indicadores operacionais para avaliação da Gestão de RCC; (vii) principais definições sobre galpões; e, por fim, (viii) o panorama da situação atual.

2.1 PRINCIPAIS DEFINIÇÕES DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Antes de falar sobre as definições mais importantes de resíduos da construção civil cabe destacar a importância da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no tema estudado (BRASIL, 2010b). Tal Política foi instituída pela Lei nº 12.305 em 2010, a qual estabelece que grandes geradores de resíduos sólidos domiciliares (RSD), resíduos sólidos urbanos (RSU), industriais, de serviço de saúde, de construção civil, mineração, de transporte e resíduos agrossilvopastoris são responsáveis pela criação de estudos com metas e ações buscando a minimização dos impactos ambientais e a adoção de práticas para o desenvolvimento sustentável de seus negócios. Este estudo refere-se ao Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

De acordo com a NBR 10.004/2004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a) **resíduos sólidos** podem ser definidos como

...resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a).

Considerando a importância da gestão adequada dos resíduos da construção civil no Brasil, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307 e a NBR

15.112/2004 (BRASIL, 2002; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004e) adotaram a seguinte definição para **resíduos da construção civil**:

... resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, 2002; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004e).

Outra definição importante para resíduos da construção civil é a da *United States Environmental Protection Agency (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1998)*. De acordo com este órgão, resíduos da construção civil são quaisquer resíduos produzidos nos processos de construção, reforma e demolição de estruturas. Estas estruturas incluem edifícios de quaisquer tipos classificados como residenciais e não-residenciais, assim como estradas e pontes. Os componentes destes resíduos são geralmente concretos, diversos tipos de asfalto, madeira, metais e gesso acartonado.

Já a *European Council Directive 91/156/EEC (CONSELHO EUROPEU, 1991)* define resíduos da construção civil como quaisquer substâncias ou objetos que o gerador descarte, pretenda descartar, ou seja obrigado pela legislação vigente em seu país a descartar. Dessa forma, tal definição se aplica tanto a resíduos destinados à disposição em aterros quanto aos resíduos passíveis de operações de reciclagem e beneficiamento.

Por fim, a última definição importante que merece destaque é a de Skoyles e Skoyles (1987), que definem os resíduos da construção civil como materiais que precisam ser transportados para fora dos canteiros de obras ou usados no próprio local, a não ser que os Planos de Gerenciamento existentes tenham propósitos plenamente definidos para estes resíduos devido a possíveis danos que sua deposição causaria no meio ambiente do entorno. Exemplos de possíveis danos são o excesso de resíduos *in loco*, a não utilização ou impossibilidade de uso devido a não conformidade com especificações existentes, ou mesmo a geração de subprodutos durante o processo da construção.

2.2 CLASSIFICAÇÕES DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) EM TERRITÓRIO NACIONAL

A nível nacional, os resíduos da construção civil são classificados pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), assim como pela resolução CONAMA nº 307 e suas alterações.

De acordo com as NBR 10.004 a 10.007/2004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a, 2004b, 2004c, 2004d) e a Resolução CONAMA nº 452 (BRASIL, 2012b) os resíduos sólidos podem ser classificados em 3 classes, sendo elas:

- a) **Classe I (perigosos):** quaisquer resíduos que, devido a suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, podem representar riscos à saúde pública, provocando ou acentuando de maneira significativa o aumento da mortalidade, a incidência de doenças e/ou apresentar riscos ao meio ambiente quando for manuseado ou destinado de forma inadequada.

Dentre as características que conferem periculosidade a um resíduo estão a inflamabilidade, a corrosividade e a reatividade. Os seguintes materiais são exemplos desta classe de resíduo: solventes como acetona e acetato de etila; borras e resíduos ácidos; lodo industrial; fibras de amianto; e organismos geneticamente modificados.

- b) **Classe II – A (não perigosos e não inertes):** resíduos que não se enquadram como Classe I ou como Classe II – B nos termos da norma. Tais resíduos podem apresentar propriedades como: combustibilidade, biodegradabilidade e solubilidade em água. Os seguintes materiais são exemplos desta classe de resíduo: matérias orgânicas da indústria alimentícia, fibras de vidro e gessos.

- c) **Classe II – B (não perigosos e inertes):** por fim, os resíduos inertes são aqueles que, quando amostrados de forma representativa e submetidos a contatos estático e dinâmico com água deionizada segundo a NBR 10.007/2004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004d), à temperatura ambiente e a ensaios de solubilização - conforme NBR 10.006/2004 (ASSOCIAÇÃO

BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004c) - não têm nenhum de seus elementos constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água - conforme Portaria n° 1469 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA n° 20 (BRASIL, 1986), com exceção dos parâmetros de aspecto, cor, turbidez e sabor. Os seguintes materiais são exemplos desta classe de resíduo: rochas, tijolos, vidros e certos plásticos que não são decompostos totalmente.

Já a Resolução CONAMA n° 307, de 3 de julho de 2002 (BRASIL, 2002) e as NBR 15.112 e 15.115/2004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004e, 2004h) classificam os resíduos da construção civil em quatro classes, sendo elas:

a) Classe A: Corresponde aos resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados como agregados, como:

- Resíduos provenientes de construção, reformas, reparos e demolições de pavimentação e outras obras de infraestrutura, assim como solos oriundos de operações de terraplenagem;
- Resíduos provenientes de edificações como: componentes cerâmicos, argamassa e concreto;
- Resíduos de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas de concreto, como: tubos, blocos e meios-fios produzidos *in loco*.

De acordo com a Resolução CONAMA n° 448 (BRASIL, 2012a), após a triagem, os resíduos de Classe A deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros. A Figura 3 apresenta exemplos de resíduos de classe A.

Figura 3 - Exemplos de resíduos de Classe A (fragmentos de telhas, blocos cerâmicos e restos de concreto)



Fonte: Pereira (2017).

- b) Classe B:** Resíduos recicláveis para outras utilizações como: plásticos, papéis, papelão, metais, vidros e madeiras. Nesta classificação também estão englobadas embalagens vazias de tinta e gesso, de acordo com a alteração feita na legislação pela resolução CONAMA nº 469, de 29 de julho de 2015 (BRASIL, 2015), a qual incluiu nesta classe de RCC as embalagens que apresentam somente filme seco de tinta em seu revestimento interno, sem acúmulos de resíduos de tinta no estado líquido.

Além disso, de acordo com a Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), após a triagem, os resíduos de Classe B deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura. A Figura 4 apresenta um exemplo de resíduo classificado como Classe B.

Figura 4 - Exemplo de resíduo de Classe B (pedaços de madeira de demolição)



Fonte: Pereira (2017).

- c) **Classe C:** Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação.

Além disso, de acordo com a Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), após a triagem, os resíduos de Classe C deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. A Figura 5 apresenta um exemplo de resíduo classificado como Classe C.

Figura 5 - Exemplo de resíduo de Classe C (poliuretano expandido)



Fonte: Culturamix (2018).

Cabe destacar que, devido ao desenvolvimento de tecnologias que possibilitaram a reciclagem de componentes de gesso, este resíduo deixou de ser classificado como Classe C, tornando-se então um resíduo de classe B, conforme demonstrado na resolução CONAMA n° 469 (BRASIL, 2015).

- d) Classe D:** Resíduos perigosos provenientes do processo de construção, como: solventes, tintas, óleos, entre outros. Também estão presentes nesta classificação resíduos contaminados ou prejudiciais à saúde provenientes de obras em clínicas radiológicas ou instalações industriais, assim como materiais contendo amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Além disso, nesta categoria também estão inclusos componentes de construção contendo amianto. A inserção de amianto na Classe D ocorreu por conta da Resolução CONAMA n° 348, de 16 de agosto de 2004 (BRASIL, 2004), a qual leva em conta três classificações anteriores do material, sendo elas: a classificação do amianto como resíduo perigoso de classe Y36, de acordo com o Decreto Federal n° 875, de 19 de julho de 1993 (BRASIL, 1993); a classificação do amianto em pó como resíduo perigoso de classe I de importação proibida conforme a Resolução CONAMA n° 452, de 2 de julho

de 2012 (BRASIL, 2012b); e as definições expressas pelo Critério de Saúde Ambiental n° 203, de 1998, da Organização Mundial da Saúde – OMS (*WORLD HEALTH ORGANIZATION*, 1999), a qual afirma que a exposição ao amianto tipo crisotila aumenta os riscos de doenças como câncer de pulmão, asbestose e mesotelioma, dependendo diretamente da dose de exposição e sem limites de tolerância estudados acerca dos riscos de câncer.

Além das alterações feitas pela Resolução n° 469, definiu-se que as embalagens de tinta usadas na construção civil devem ser submetidas ao sistema de logística reversa conforme os requisitos expostos na Lei n° 12.305/2010, responsável pela criação da PNRS (BRASIL, 2010b). Tais requisitos contemplam a destinação ambientalmente correta dos resíduos de tinta presentes nestas embalagens.

Por fim, de acordo com a Resolução CONAMA n° 448 (BRASIL, 2012a), após a triagem, os resíduos de Classe D deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. A Figura 6 apresenta um exemplo de resíduo enquadrado na Classe D.

Figura 6 - Exemplo de resíduo de Classe D (restos de tinta)



Fonte: Resíduo All (2016).

2.3 CONCEITOS DE GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)

Além das definições e classificações dos resíduos sólidos e dos resíduos da construção civil, também merecem destaque os conceitos envolvendo as diferentes etapas e participantes dos processos de gerenciamento e gestão dos resíduos.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 448, **Gerenciamento de Resíduos Sólidos**, pode ser definido como:

“...conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010;” (BRASIL, 2010b, 2012a).

Já a **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos** é definida como:

“...conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.” (BRASIL, 2010b, 2012a).

Em complemento à Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, a Resolução CONAMA 448 estabelece que os municípios e o Distrito Federal devem elaborar Planos Municipais de Gestão de Resíduos da Construção Civil, os quais são instrumentos fundamentais para a gestão adequada destes resíduos e devem estar em consonância com os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012a).

Os PMGRCC devem incluir diretrizes técnicas e procedimentos específicos para pequenos geradores, além de critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local e para os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, que devem ser elaborados pelos grandes geradores. Os Planos também devem contemplar processos de licenciamento para áreas de beneficiamento, reservação de resíduos e disposição final de rejeitos. (BRASIL, 2012a).

Além disso, é importante destacar que os Planos Municipais de Gestão de Resíduos de Construção Civil podem ser elaborados de forma conjunta com outros municípios, conforme

permite a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, promovendo uma gestão integrada e colaborativa entre diferentes regiões (BRASIL, 2010b; BRASIL, 2012a).

Quanto aos PGRCC dos grandes geradores, estes têm como objetivo estabelecer procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequada desses resíduos. Para empreendimentos e atividades não sujeitos ao licenciamento ambiental, esses planos devem ser apresentados junto com o projeto do empreendimento para análise pelo órgão competente do poder público municipal. Já para empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, os planos devem ser analisados dentro do processo de licenciamento pelos órgãos ambientais competentes (BRASIL, 2012a).

Além disso, conforme a Resolução CONAMA nº 307, os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil devem conter, pelo menos as seguintes etapas para assegurar uma gestão eficiente e ambientalmente responsável: (i) caracterização; (ii) triagem; (iii) acondicionamento; (iv) transporte; e (v) destinação (BRASIL, 2002).

Essas diretrizes visam garantir que todos os geradores de resíduos da construção civil, desde pequenos até grandes, cumpram suas responsabilidades de forma organizada e eficiente, minimizando os impactos ambientais e promovendo práticas sustentáveis de gestão de resíduos (BRASIL, 2012a).

Outras definições importantes sobre o tema também estão presentes nas Resoluções CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002) e nº 448 (BRASIL, 2012a) e na NBR 15.112/2004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004e). Segundo estes documentos, os geradores são pessoas – sejam elas físicas ou jurídicas - ou empresas - sejam elas públicas ou privadas - responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os diferentes tipos de resíduos da construção classificados conforme estas Resoluções.

Já os transportadores são entidades encarregadas da coleta e transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e suas áreas de destinação (BRASIL, 2002, 2012a; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004e).

Em relação aos destinadores, a Resolução CONAMA nº 452 os define como pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que exercem atividades de destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos (BRASIL, 2012b).

Quanto aos aterros de resíduos de classe A de reservação de material para usos futuros, estes são definidos como locais tecnicamente adequados em que são empregadas técnicas de destinação de RCC de classe A no solo, buscando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro ou a utilização da própria área do aterro futuramente. Tais usos podem ser feitos aplicando-se princípios de engenharia que garantam o confinamento dos resíduos depositados de modo a gerar os menores volumes possíveis, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente (BRASIL, 2002; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004e).

Além disso, cabe destacar que tais aterros necessitam de licenciamento por órgãos ambientais competentes e devem possuir os seguintes elementos segundo a NBR 15.113/2004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004f):

- Acessos internos e externos protegidos, executados e mantidos de maneira a permitir sua utilização sob quaisquer condições climáticas;
- Cercamento no perímetro da área em operação, construído de forma a impedir o acesso de pessoas estranhas e animais;
- Portão junto ao qual seja estabelecida uma forma de controle de acesso ao local;
- Sinalização na(s) entrada(s) e na(s) cerca(s) que identifique(m) o empreendimento;
- Anteparo para proteção quanto aos aspectos relativos à vizinhança, ventos dominantes e estética, como, por exemplo, cerca viva arbustiva ou arbórea no perímetro da instalação; e
- Faixa de proteção interna ao perímetro, com largura justificada em projeto.

Outra definição importante para o gerenciamento de RCC explicitada nestas resoluções refere-se às áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil (ATT). Estas áreas são locais destinados ao recebimento de RCC para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para os

destinos adequados, levando em conta normas operacionais específicas que evitam danos ou riscos à saúde pública e à segurança, além de minimizar impactos ambientais adversos (BRASIL, 2002, 2012a; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004e).

Durante a operação das ATTs, devem ser observadas as seguintes diretrizes para cada uma das classes de RCC:

- a) **Classe A:** devem ser destinados à reutilização ou reciclagem na forma de agregados ou encaminhados a aterros de RCC e de resíduos inertes, projetados, implantados e operados em conformidade com a ABNT NBR 15113/2004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004e, 2004f);
- b) **Classe B:** devem ser destinados à reutilização, reciclagem e armazenamento ou encaminhados para áreas de disposição final de resíduos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004e);
- c) **Classe C:** devem ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as Normas Brasileiras específicas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004e); e
- d) **Classe D:** devem ser armazenados em áreas cobertas, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as Normas Brasileiras específicas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004e).

Em relação aos pequenos volumes, a NBR 15.112/2004 define pontos de entrega de pequenos volumes como áreas de transbordo e triagem de pequeno porte, destinadas à entrega voluntária de pequenas quantidades de resíduos da construção civil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004e).

Outro ponto de destaque relacionado à gestão de RCC se refere aos Centros de Tratamento de RCCV (resíduos da construção civil e volumosos). De acordo com Prefeitura de Belo Horizonte (2017b), estes locais buscam a reutilização e reciclagem dos resíduos, com a finalidade de obter subprodutos, por meio da sua segregação, que possam ser utilizados como

matéria prima em outras atividades. Devido à diversidade presente na tipologia e composição desse resíduo, são necessárias plantas de tratamento específicas que atendam às características do resíduo de entrada bem como ao volume demandado.

Já as Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV's), de acordo com a NBR 15.112/2004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004e), são definidas como equipamentos públicos destinados ao recebimento de pequenos volumes de Resíduos da Construção Civil, gerados e entregues pelos munícipes, podendo ainda ser coletados e entregues por pequenos transportadores diretamente contratados pelos geradores, equipamentos esses que, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, devem ser usados para a triagem de resíduos recebidos, posterior coleta diferenciada e remoção para adequada disposição.

Já a NBR 15.114/2004 define áreas de reciclagem de RCC como áreas destinadas ao recebimento e transformação de RCC da classe A, após operações de triagem, para produção de agregados reciclados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004g).

A última definição relevante sobre o assunto encontrada nas normas e Resoluções CONAMA estudadas se refere aos agregados reciclados. De acordo com a Resolução CONAMA nº 307 e as NBR 15.114 e 15.115/2004, estes são definidos como materiais granulares, provenientes do beneficiamento mecânico ou britagem de RCC classificados como classe "A", que apresentam características técnicas para a aplicação em obras de edificação, infraestrutura, aterros sanitários ou outras obras de engenharia (BRASIL, 2002; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004g, 2004h).

Já a NBR 15.116/2021 divide os agregados reciclados em 3 categorias, sendo elas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021):

- **Agregado reciclado cimentício (ARCI):** agregado reciclado constituído predominantemente por materiais cimentícios diversos (concretos, argamassas, blocos pré-moldados de concreto etc.), podendo incluir teores reduzidos de cerâmica vermelha;

- **Agregado reciclado de concreto (ARCO):** agregado reciclado constituído predominantemente de resíduos de concreto; e
- **Agregado reciclado misto (ARM):** agregado reciclado constituído por uma mistura de materiais cimentícios (concretos, argamassas, blocos pré-moldados de concreto etc.) e materiais cerâmicos (blocos e telhas de cerâmica vermelha etc.)

Além de demonstrar subcategorias aos agregados reciclados, a NBR 15.116/2021 também traz definições a “agregados compostos” e “agregados totais reciclados”. O primeiro consiste em agregados resultantes da mistura intencional de agregados reciclados e agregados naturais e/ou britados, possibilitando o ajuste da curva granulométrica em função das características do agregado e do produto a ser preparado com esse material (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021).

Já os agregados totais reciclados consistem em agregados resultantes do beneficiamento de RCC, cuja distribuição granulométrica é constituída por agregados graúdos e miúdos, também possibilitando o ajuste da curva granulométrica em função das características do agregado e do produto a ser preparado com esse material (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021).

2.4 POLÍTICA DOS 3 R E O CONCEITO “ZERO WASTE”

Além dos pontos mencionados anteriormente, cabe destacar os pilares da execução de plano de gerenciamento bem sucedido de resíduos da construção civil no Brasil: a aplicação da Política dos 3 R.

Tal conceito está presente na Agenda 21 (BRASIL, 1992), além de ser incorporado no próprio Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010b). Os 3 R mencionados são os seguintes em ordem de relevância:

- a) Reduzir (*Reduce no original*):** tal conceito envolve tanto mudanças comportamentais da sociedade como um todo até novos posicionamentos empresariais. Ela se refere à redução de materiais nocivos, diminuição de

desperdícios e minimização da utilização de materiais não recicláveis. Ao reduzir o desperdício, é possível evitar o uso desnecessário de recursos naturais, água e energia. Esta ação também permite a redução da quantidade de resíduos a ser gerenciada futuramente, além de beneficiar o meio ambiente. Exemplos de ação de redução são: comprar a granel para reduzir o tamanho das embalagens, escolher produtos que utilizem menos embalagens e copiar ou imprimir documentos utilizando os dois lados de cada folha (BALWAN *et al.*, 2022).

- b) Reutilizar (*Reuse no original*):** A reutilização de resíduos auxilia na economia dos processos, assim como de energia e de recursos que seriam utilizados para a criação de novos produtos. Sempre que possível, deve-se reutilizar qualquer material ou produto antes de doá-lo ou reciclá-lo. Exemplos de ações de reutilização são: doar brinquedos ou livros sem uso para hospitais e escolas, criar blocos de notas com papéis usados e reutilizar envelopes e/ou adquirir etiquetas de reutilização (BALWAN *et al.*, 2022).
- c) Reciclar (*Recycle no original*):** Etapa final da Política dos 3 R. A reciclagem é uma forma de gestão de resíduos que envolve a transformação dos rejeitos e outros materiais usados em produtos reutilizáveis. A reciclagem possui uma série de vantagens para os seres humanos e ao meio ambiente, como a redução do uso de energia e do consumo de matérias-primas brutas, a redução da poluição do ar e da água e a diminuição da necessidade de descarte “convencional” dos resíduos (BALWAN *et al.*, 2022).

Os principais produtos passíveis de reciclagem são embalagens de papel, papelão, vidro, alumínio, estanho e plástico. Já os resíduos orgânicos podem ser reciclados por meio da compostagem. A reciclagem de matéria orgânica possibilita a geração de compostos valiosos que podem servir, entre outras finalidades, como fertilizantes para plantações (BALWAN *et al.*, 2022).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 448 (BRASIL, 2012a), os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final

ambientalmente adequada dos rejeitos. Tal definição está de acordo com a hierarquia da Política dos 3R, representada na Figura 7.

Figura 7 – Hierarquia dos Resíduos conforme Política Nacional de Resíduos Sólidos



Fonte: Compra Sustentável (2019).

Apesar da importância da Política dos 3R no contexto nacional, vale destacar que em outros países, como os Estados Unidos e a Europa, além dos 3R já mencionados, também são adotados mais 2 “R”: Recusar (*Refuse* no original, etapa anterior a “Reduzir”) e Reaproveitar (*Repurpose* no original, etapa intermediária entre “Reutilizar” e “Reciclar”). A inclusão destes 2 “R” no processo transforma a Política dos 3R na Política dos 5R, a qual se baseia no conceito “Zero Waste”, definido de acordo com a *Zero Waste International Alliance* (2018) como:

“...A conservação de todos os recursos por meio da produção, consumo, reutilização e recuperação responsáveis de produtos, embalagens e materiais sem queima e sem descartes na terra, na água ou no ar que ameacem o meio ambiente ou a saúde humana.” (ZWIA, 2018, tradução própria).

Uma diferença importante entre o modelo de desperdício zero e a gestão e reciclagem de resíduos convencional é a prevenção de práticas de desperdício já no início da cadeia de produção. Este método também é conhecido como pensamento de “berço a berço” (do original *Cradle-To-Cradle - C2C*), o qual se opõe ao pensamento de “berço ao túmulo” (do original *Cradle-To-Grave - C2G*). Enquanto este último consiste em um modelo linear que se inicia com a extração de recursos, continua com a fabricação e termina com a disposição dos produtos em aterros sanitários, o pensamento C2C consiste em um modelo circular que minimiza o desperdício, mantendo os recursos em uso na cadeia produtiva pelo maior tempo possível (MCDONOUGH; BRAUNGAUT, 2002).

A hierarquia de desperdício zero descreve uma progressão de estratégias que visam apoiar o conceito “Zero Waste” do maior ao menor uso dos materiais, conforme a Figura 8.

Figura 8 - 5 R da Hierarquia “Desperdício Zero”



Fonte: Modificado de *Gallery Climate Coalition* (2021).

Quanto aos 2 “R” adicionais desta Política, suas principais características estão descritas a seguir:

- a) **Recusar (*Refuse*):** É a primeira etapa do processo e principal pilar da hierarquia de desperdício zero. Tal etapa se resume em recusar o que não é necessário. Um exemplo de ação de recusa é o de optar por garrafas retornáveis ao invés de recipientes de bebidas de uso único, ação já utilizada em diversos locais do mundo, possibilitando uma economia de até milhares de garrafas e latas por ano (BALWAN *et al.*, 2022).

- b) **Reaproveitar (*Repurpose*):** Quarta etapa da Política dos 5R. A ideia do reaproveitamento envolve utilizar itens que foram feitos inicialmente para determinados propósitos de novas formas. Este método também é chamado de “*upcycling*”. É importante destacar que o reaproveitamento deve ser desejado antes da reciclagem, ou seja, sempre que possível, deve-se verificar se os itens podem ser reaproveitados para fins distintos. Alguns exemplos de reaproveitamento são: utilizar potes de vidro velhos para armazenar alimentos secos, doar roupas e brinquedos para brechós e reutilizar cascas de ovo como plantadores (BALWAN *et al.*, 2022).

Além de seguir os 5R descritos anteriormente, percebe-se também que é de grande importância a incorporação de medidas para diminuição da geração de resíduos desde a concepção dos projetos por meio da escolha de materiais que causem menores impactos ao ambiente, da adoção de medidas padronizadas, de um maior controle dos locais de estocagem dos materiais e do gerenciamento das entregas de materiais próximo ao momento de sua utilização. Tais medidas podem evitar a estocagem dos materiais por tempos maiores que o necessário, minimizando retrabalhos durante as obras.

Além disso, entender este conceito sustentável e colocá-lo em prática é uma excelente forma de eliminar o desperdício e criar condições melhores de vida para as próximas gerações.

2.5 PRINCIPAIS ENTRAVES PARA A GESTÃO E O GERENCIAMENTO ADEQUADOS DE RCC

A gestão e o gerenciamento adequados de Resíduos da Construção Civil (RCC) enfrentam diversos entraves que comprometem a eficiência e a sustentabilidade deste processo. Segundo Deloitte (2015), para a gestão sustentável de RCC, devem ser vencidos alguns obstáculos, como:

- A falta de confiança dos interessados no uso de produtos derivados de resíduos;
- O bom desempenho em termos de taxa de reciclagem para RCC;
- A falta de conhecimento das características técnicas dos agregados reciclados;
- A ausência de apoio das especificações de materiais em chamadas de licitação, as quais não apoiam o desenvolvimento de uma demanda por agregados reciclados;
- Ausência de classificação no local, bem como a adoção de práticas de demolição seletiva;
- A falta de competitividade dos agregados reciclados quando comparados aos agregados de materiais virgens, devido à ausência de impostos sobre atividades de mineração; entre outros.

Falando mais especificamente dos materiais que podem ser recuperados durante os processos de demolição, o Centro Comum de Investigação/Direção-Geral do Ambiente (2015)

destaca que o grau de eficácia da valorização destes materiais depende de um conjunto de fatores, sendo eles:

- A segurança, que pode aumentar os custos do projeto;
- O tempo, uma vez que atividades demolição seletiva exige mais tempo do que a demolição convencional, podendo gerar custos mais elevados;
- A viabilidade econômica e aceitação do mercado, já que o custo da retirada de um elemento deve ser compensado pelo seu preço, devendo simultaneamente o elemento reutilizado ser competitivo e aceito pelos futuros utilizadores;
- O espaço, já que, no caso de existirem restrições espaciais no local, a separação dos materiais recolhidos deve ser realizada em instalações de triagem;
- O local, pois o número de estações de reciclagem nas imediações do projeto, ou dos serviços de gestão de resíduos locais, pode limitar a potencial valorização dos materiais do projeto de desconstrução; e
- As condições meteorológicas, pois algumas técnicas podem depender de determinadas condições meteorológicas eventualmente não coincidentes com a calendarização do projeto.

Já Marques Neto (2009) enfatiza como dificuldades para a implantação dos PMGRCC nos municípios a falta de recursos financeiros e a inexistência de corpo técnico qualificado nos quadros profissionais capazes de diagnosticar fontes geradoras e implementar ações, como a de fiscalização.

Já IPEA (2012) afirma que existe dificuldade de se estimar a geração de resíduos de construção civil devido a diferentes metodologias adotadas nas fontes de informações disponíveis. Boa parte dos dados relacionados à geração são autodeclarados, o que representa um grau de subjetividade no que é disponibilizado.

Do ponto de vista dos intervenientes dos projetos, Osmani e Villoria-Sáez (2019) citam como desafios enfrentados para a adoção de estratégias eficazes de redução de resíduos:

- Falta de comprometimento gerencial;

- Falta de normas de minimização de resíduos da indústria da construção;
- Dificuldades em mudar práticas existentes;
- Falta de experiência dos operários em gestão de resíduos;
- Percepção de que os sistemas de gestão de resíduos não são economicamente viáveis;
- Resíduos aceitos como subprodutos inevitáveis da construção;
- Relutância em reutilizar ou reciclar materiais com pouco valor econômico;
- Custos adicionais para implementar estratégias e iniciativas relacionadas aos resíduos de construção;
- Quaisquer economias feitas são distribuídas de forma desigual, oferecendo pouco incentivo para que os trabalhadores participem da gestão de resíduos;
- Responsabilidades individuais mal definidas para a gestão de resíduos;
- Orientação limitada para minimização de resíduos;
- Tempo consumido dedicado à separação e manuseio de resíduos no local, assim estendendo o cronograma do plano de trabalho; e
- Aumento da burocracia, devido a papéis extras para preencher formulários de controle, relatórios de inspeção etc.

Quanto às barreiras para aumentar a reciclagem de RCC, Osmani e Villoria-Sáez (2019) citam:

- Desconfiança no uso de produtos derivados de resíduos;
- Qualidade insuficiente de dados de RCC atualmente;
- Ausência de Leis voltadas a Compras Públicas Verdes;
- Ausência de órgão de padronização para agregados reciclados, como a marcação CE (*Conformité Européenne*), a qual indica que um produto está em conformidade com os requisitos de segurança, saúde e proteção ambiental da União Europeia. Para os agregados reciclados, obter a marcação CE significa que esses materiais cumprem com as normas e regulamentações aplicáveis da UE, garantindo sua qualidade e segurança para uso na construção civil;
- Ausência de ferramentas específicas, como as especificações particulares de chamada de licitação (exemplo: "*capitolati di appalto*" na Itália);
- Tabelas de preços sem agregados reciclados inclusos;

- Poucas publicações de especificações técnicas padrão para a construção de infraestrutura e edifícios relacionadas ao uso de agregados reciclados;
- Falta de tributação das atividades de mineração; e
- Falta de proibição do aterro de resíduos inertes.

2.6 UTILIZAÇÃO DE INDICADORES OPERACIONAIS PARA AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RCC

Conforme já mencionado na Introdução desta Dissertação, os indicadores são capazes de apresentar, de forma simples, fenômenos complexos de uma organização e, a partir destes fenômenos, possibilitam a criação de curvas de tendência e a documentação de séries históricas de determinados parâmetros (*EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2005*).

Neste contexto, é importante destacar a relevância da NBR ISO 14.031, de 2015 (*ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015*). Tal norma estabelece diretrizes para a medição e avaliação de desempenho ambiental em organizações, além de fornecer um conjunto de indicadores que auxiliam na compreensão e monitoramento do impacto ambiental das atividades organizacionais, permitindo uma gestão mais eficiente e sustentável, conforme a seguir:

- **Indicador de condição ambiental (ICA):** indicador de desempenho ambiental que fornece informações sobre as condições locais, regionais, nacionais ou globais do meio ambiente;
- **Indicador de desempenho ambiental (IDA):** indicador que fornece informações sobre o desempenho ambiental de uma organização;
- **Indicador-chave de desempenho (ICD):** indicador de desempenho considerado por uma organização como significativo e que dá destaque e atenção a determinados aspectos;

- **Indicador de desempenho gerencial (IDG):** Indicador de desempenho ambiental que fornece informações sobre atividades de gestão que influenciam o desempenho ambiental de uma organização; e
- **Indicador de desempenho operacional (IDO):** Indicador de desempenho ambiental que fornece informações sobre o desempenho ambiental dos processos operacionais de uma organização.

Devido à presença destes indicadores, a NBR 14.031 consiste em uma ferramenta crucial para empresas que buscam alinhar suas práticas aos princípios de desenvolvimento sustentável, pois oferece um método padronizado para avaliar e melhorar continuamente seu desempenho ambiental.

Além de demonstrar estes indicadores, a norma em questão também apresenta ajudas práticas para melhorar a gestão ambiental das empresas, como a Ajuda Prática 2, que ilustra a gestão de resíduos sólidos em uma organização. De acordo com esta seção do documento, a gestão de resíduos pode ser iniciada por uma organização por meio da identificação dos tipos e quantidades de resíduos gerados em suas atividades (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015).

A norma sugere métodos para categorizar e quantificar esses resíduos, bem como práticas recomendadas para a sua redução, reutilização e reciclagem. Através da implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos baseado nos indicadores fornecidos pela NBR 14.031, as empresas podem reduzir significativamente o volume de resíduos destinados a aterros, melhorar a gestão de recursos e contribuir para a economia circular como um todo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015).

Em relação à aplicação de indicadores na avaliação da gestão de RCC, Silveira e Azevedo (2021) utilizaram os conceitos da NBR 14.031 mencionados anteriormente para criar um modelo de avaliação da gestão de RCC em obras rodoviárias, buscando verificar o cumprimento de condicionantes específicas de diversas licenças ambientais necessárias para esse tipo de obra.

Além disso, com a elaboração deste modelo, os autores pretendiam avaliar a evolução do gerenciamento dos resíduos em diferentes tipos de obra do setor rodoviário, para então definir melhorias necessárias para os processos realizados (SILVEIRA; AZEVEDO, 2021). Os indicadores propostos pelos autores foram levantados com base na realização de onze questionários para avaliação da maior quantidade possível de aspectos de gestão ambiental nas obras.

Os questionários em questão foram divididos com base na relação entre os temas estudados e a área do grupo de especialistas que iria respondê-los. Após sua realização, foram selecionadas as questões mais importantes e, em seguida, os autores definiram indicadores que pudessem representar os principais assuntos abordados.

Tais indicadores foram divididos em duas categorias (conforme demonstrado na norma NBR ISO 14.031): Indicadores de Condição Ambiental (ICA) e Indicadores de Desempenho Ambiental (IDA). Além disso, os IDA também foram divididos em dois subgrupos: Indicadores de Desempenho Operacional (IDO) e Indicadores de Desempenho Gerencial (IDG). A partir da utilização do método *Delphi* e dos resultados obtidos no questionário, foi elaborado um gráfico *Box-Plot* (gráfico de caixa) relacionando todas as perguntas realizadas pelos autores.

Por meio da verificação da pesquisa, os indicadores de maior relevância para gestão de RCC foram incluídos em um quadro conforme demonstrado na Figura 9.

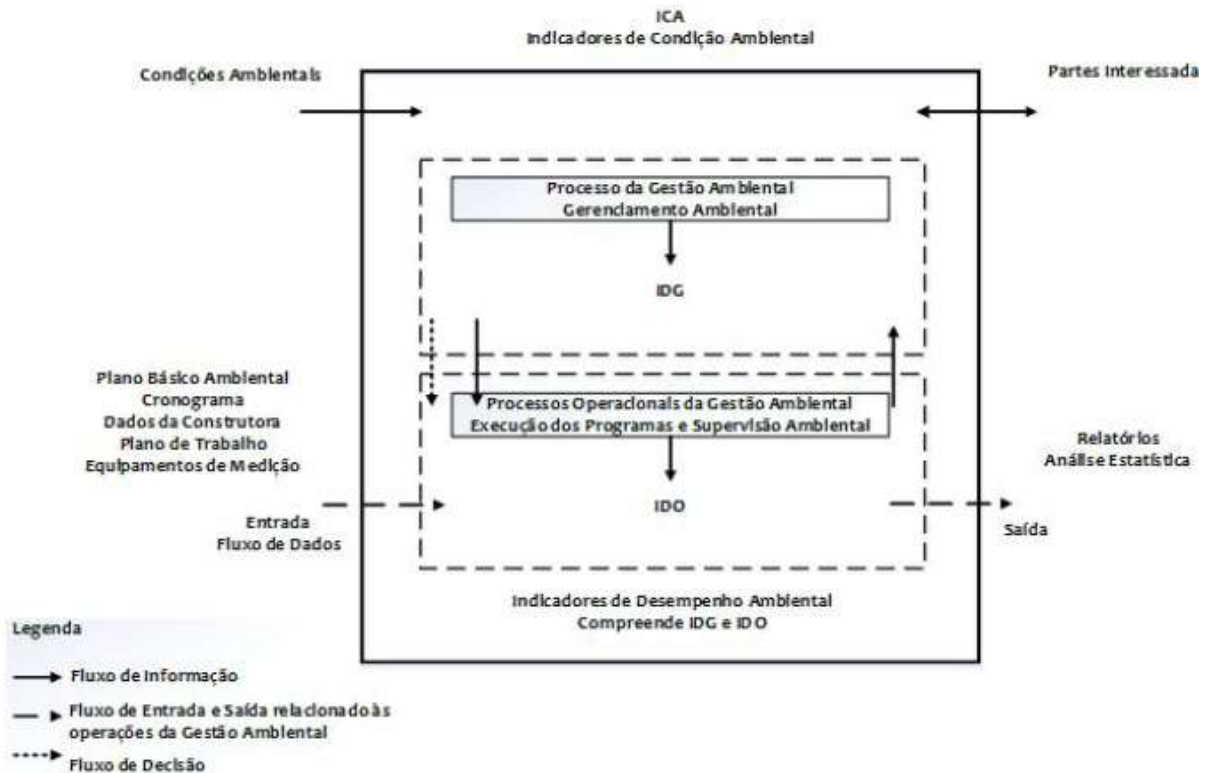
Figura 9 - Indicadores – Aspecto Físico 2

Subcritério	Local de avaliação	Indicadores (IDO)	Tipologia do indicador	Escala de avaliação
Resíduos Sólidos	Áreas de Uso de Obras	Percentual de locais de armazenamento temporário adequado (que evitam a proliferação de vetores de doenças e a geração de odor) /total de locais de armazenamento temporário	Quantitativo	[0, 100]%
	Canteiros de Obras	Percentual do volume de resíduos sólidos dispostos em locais de armazenamento temporário adequados para evitar a proliferação de vetores de doenças e a geração de odor /volume total de resíduo gerado	Quantitativo	[0, 100]%
	Jazidas e Caixas de Empréstimo	Percentual do volume de resíduos com destinação adequada /volume total de resíduos gerados	Quantitativo	[0, 100]%
	Aterros Cortes e Bota-foras	Percentual de bota-foras devidamente licenciados /número total de bota foras	Quantitativo	[0, 100]%
		Percentual do volume de resíduos com destinação adequada/ volume total de resíduos gerados	Quantitativo	[0, 100]%
Subcritério	Local de avaliação	Indicadores (IDG)	Tipologia do indicador	Escala de avaliação
Resíduos Sólidos	Áreas de Uso de Obras	Percentual de inconformidade ambiental comunicadas oficialmente à Construtora/nº de inconformidades existentes	Quantitativo	[0, 100]%

Fonte: Silveira (2015).

Além da criação deste quadro, os autores identificaram a interação dos indicadores mencionados com as atividades de gestão de RCC, conforme demonstrado na Figura 10.

Figura 10 - Fluxo de Gestão Organizacional



Fonte: Silveira e Azevedo (2021).

2.7 PRINCIPAIS DEFINIÇÕES SOBRE GALPÕES

Outro ponto de destaque para esta Dissertação consiste nas definições e classificações de galpões. De acordo com Uva (2019), galpão é um ambiente que as empresas utilizam, independente do nicho de atuação, para a estocagem de mercadorias. É neste local que são armazenados os produtos que serão entregues aos clientes após a realização de compras online, assim como para a reposição de lojas físicas.

Galpões também podem ser definidos como espaços amplos, sob uma mesma cobertura, que podem ser utilizados como depósito de diferentes tipos de produtos, como carros, produtos industriais e mercadorias. Eles podem ser constituídos de diferentes tipos de sistemas construtivos, como estruturas de madeira, estruturas metálicas, concreto e alvenaria. Além disso, em sua cobertura podem ser utilizados materiais como telhas (de barro, fibrocimento, alumínio, madeira, entre outras), ou mesmo lonas e lajes de concreto.

Atualmente existem diversos modelos de galpão no mercado, como galpões em *shed*, galpões em arco, galpões com duas águas e galpões de dois pisos (MAXTON LOGÍSTICA, 2018). A Figura 11 apresenta um exemplo de galpão em arco em construção.

Figura 11 - Exemplo de galpão em arco em construção



Fonte: Structuraço (2017).

Já os fechamentos laterais dos galpões devem ser construídos de acordo com a finalidade da edificação (industrial ou logística). Em sua construção deve-se ter atenção especial à ação dos ventos, que podem causar danos à edificação, assim como destacamento de sua cobertura. Atualmente os sistemas construtivos para fechamentos laterais mais comuns no mercado são: alvenarias (de cerâmica ou de concreto), placas pré-moldadas de concreto e telhas metálicas, embora também sejam encontrados modelos de galpão abertos em suas laterais.

Além disso, dependendo da operação do ocupante, os galpões podem possuir um mezanino para aumentar a sua área disponível para operação, no qual podem ser instalados ambientes como: escritórios, áreas de armazenagem, vestiários e banheiros.

2.8 PANORAMA DA SITUAÇÃO ATUAL

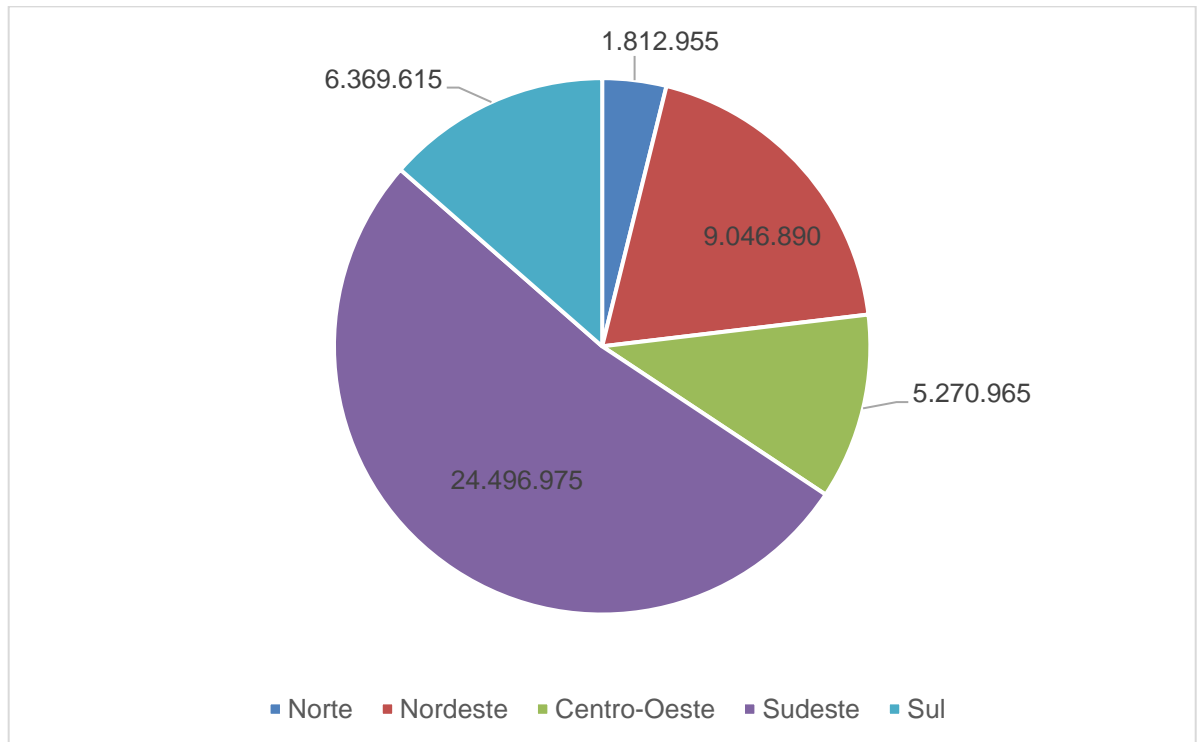
Conforme mencionado anteriormente, dois dos principais entraves ao gerenciamento adequado dos RCC consistem no desconhecimento da natureza dos resíduos e na ausência de cultura de separação em muitos locais. Dessa forma, conhecer e diagnosticar os resíduos gerados permite um melhor encaminhamento para a execução de melhores planos de gestão e gerenciamento de RCC, evitando a deposição e acúmulo deste tipo de resíduo em locais inadequados, como margens de rios e terrenos baldios.

De forma geral, os RCC são vistos como resíduos de baixa periculosidade, com seu impacto sendo causado principalmente pelo grande volume gerado. Contudo, junto a estes resíduos, também podem existir materiais tóxicos, produtos químicos, matéria orgânica e embalagens variadas, as quais podem acumular água, favorecendo a proliferação de insetos e outros vetores de doenças.

Por meio de um estudo realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2021), identificou-se que, em 2020, foram coletadas cerca de 47 milhões de toneladas de resíduos da construção civil (RCC) pelos municípios, número este que representa um aumento de 5,5% de geração quando comparado ao ano anterior e 61,8% do total de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados no ano (76 milhões de toneladas). Ao comparar esta geração com a população brasileira, obteve-se uma quantidade coletada de 221,19 kg/habitante/ano.

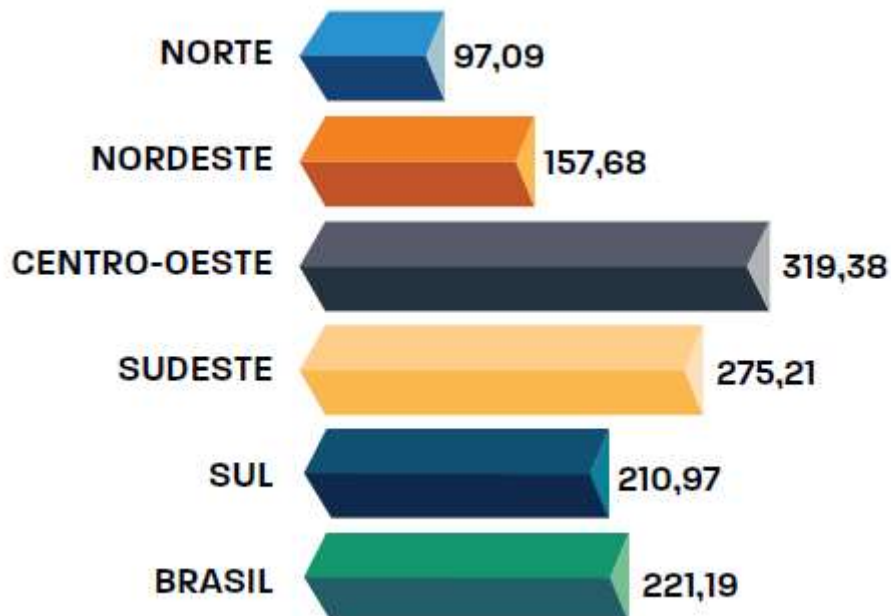
A Figura 12 apresenta a quantidade coletada de RCC no Brasil de acordo com as regiões estudadas em 2020. Já a Figura 13 representa a quantidade coletada per capita destas mesmas regiões em kg/hab. ano.

Figura 12 - Estimativa de RCC coletada nas diversas regiões do país em 2020, em toneladas por ano



Fonte: Modificado de ABRELPE (2021).

Figura 13 - Estimativa de RCC coletada per capita nas diversas regiões do país em 2020, em quilos por habitante por ano



Fonte: ABRELPE (2021).

Como pode-se ver pela Figura 13, a região Sudeste apresenta a maior quantidade coletada de RCC (aproximadamente 24,5 milhões de toneladas em 2020), seguida pela região Nordeste (aproximadamente 9 milhões de toneladas). Por outro lado, a região que se destaca em termos de coleta per capita é a região Centro-Oeste, com aproximadamente 319 kg de RCC coletados por habitante no ano de 2020 (ABRELPE, 2021).

Por mais que tal diagnóstico não tenha conseguido dados de todos os municípios do país, cabe destacar que a amostra selecionada englobou 92,3% (295,5 milhões de habitantes) da população total e 94,3% (169,3 milhões de habitantes) da população urbana do país em 2020 (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO – SNS, 2021).

Outro dado relevante levantado no diagnóstico refere-se às unidades de processamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) diretamente relacionadas aos resíduos da construção civil. De um total de 5.018 unidades de processamento em operação em 2020, 186 unidades estão diretamente relacionadas a RCC, número este que representa somente 3,7% do total de unidades analisadas (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO – SNS, 2021).

Além disso, tais unidades estão divididas em 3 tipos:

- **Áreas de transbordo e triagem de RCC (ATT):** 64 unidades (1,3% do total de unidades de processamento em operação, 34,4% das unidades relacionadas a RCC);
- **Áreas de reciclagem de RCC:** 44 unidades (0,9% do total de unidades de processamento em operação, 23,7% das unidades relacionadas a RCC); e
- **Aterros de RCC (aterros inertes):** 78 unidades (1,6% do total de unidades de processamento em operação, 41,9% das unidades relacionadas a RCC).

Quanto à coleta de RCC, dos 4.589 municípios diagnosticados, 516 (11,2% do total da amostra) afirmaram possuir coleta realizada pela Prefeitura e/ou por empresa especializada; 1.602 somente pela Prefeitura (34,9% do total da amostra) e 1.003 (21,9% do total da amostra) somente por empresa especializada. Neste diagnóstico, também se destaca o número de

municípios sem coleta feita pela Prefeitura ou por empresa especializada: 1468 municípios (31,2% do total da amostra).

Já em relação à quantidade coletada de RCC, em 2020 foram coletadas 20.293.085 toneladas de RCC, sendo 10.592.040 (52,2%) feita pela Prefeitura, 8.622.672 (42,5%) por caçambeiros e autônomos contratados pelo gerador, e 1.078.373 (5,3%) pelo próprio gerador (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO – SNS, 2022).

Analisando os dados levantados nota-se que, de modo geral, é difícil estabelecer estimativas precisas de geração, tratamento e disposição final de Resíduos da Construção Civil (RCC), tanto em nível regional quanto nacional. Isso se deve à variabilidade na disponibilidade de dados existentes e à participação distinta de alguns municípios em diferentes regiões do país.

Tal dificuldade é reforçada pela Resolução CONAMA 307, especialmente em seus artigos 11 e 12, que estipulam prazos específicos para a elaboração e implementação dos Planos Integrados de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil.

Outro ponto de destaque relacionado ao panorama da situação atual da gestão de Resíduos da Construção Civil (RCC) no país refere-se à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Tal princípio está presente na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sendo definido como o conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos. Esse conjunto de responsabilidades visa minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, conforme estabelecido no Art. 3º, XVII da PNRS (BRASIL, 2010b).

A implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é instituída pelo Art. 30 da PNRS, que determina que esta responsabilidade deve ser executada de forma individualizada e encadeada, abrangendo todos os agentes mencionados. O objetivo dessa responsabilidade é compatibilizar os interesses dos agentes econômicos e sociais com os processos de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis. Além disso, busca promover o aproveitamento dos resíduos sólidos, direcionando-os para suas cadeias produtivas

ou para outras cadeias, e reduzir a geração de resíduos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais (BRASIL, 2010b).

O parágrafo único do Art. 30 detalha ainda mais os objetivos dessa responsabilidade compartilhada, que incluem: incentivar a utilização de insumos menos agressivos ao meio ambiente, estimular o mercado para produtos reciclados e recicláveis e propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade. Também visa incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental. Em síntese, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é um componente crucial da gestão de RCC no Brasil, promovendo uma abordagem integrada e sustentável que envolve todos os atores da cadeia produtiva e de consumo (BRASIL, 2010b).

Apesar da inclusão deste princípio na PNRS, notam-se desafios significativos para sua plena aplicação no Brasil, como a falta de infraestrutura adequada para a coleta, triagem e reciclagem de resíduos, a carência de mecanismos eficientes de fiscalização e incentivo, e a variabilidade na participação dos municípios. Iniciativas voluntárias e parcerias público-privadas têm surgido para promover a responsabilidade compartilhada, mas a adoção de práticas sustentáveis por parte dos consumidores ainda é um desafio. Em resumo, apesar do quadro legal que promove a responsabilidade compartilhada, a implementação prática desse princípio ainda é fragmentada e enfrenta diversos desafios, exigindo um esforço contínuo de todas as partes envolvidas para alcançar uma gestão de resíduos mais eficiente e ambientalmente responsável.

Porém, cabe destacar que, em 2022, foi elaborado o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), o qual trouxe inovações significativas em relação à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) de 2010, ampliando e detalhando as estratégias para uma gestão de resíduos mais eficaz e sustentável no Brasil. Uma das principais inovações do Planares é a ênfase na economia circular, promovendo a transição para um modelo onde os resíduos são reintegrados ao ciclo produtivo. O plano também fortalece a logística reversa, estabelecendo metas ambiciosas e detalhadas para a implementação de sistemas que envolvem fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes (BRASIL, 2022a).

Além disso, o Planares promove a criação de mecanismos financeiros e incentivos econômicos para estimular a participação na coleta e destinação adequada dos resíduos, garantindo o alinhamento com as diretrizes de gestão sustentável de resíduos. Outro aspecto inovador é o maior enfoque na digitalização e na transparência das informações sobre a gestão de resíduos, propondo sistemas integrados de informação para monitorar e avaliar os programas de gestão de resíduos em todo o país, melhorando a rastreabilidade e a eficiência na coleta e tratamento dos resíduos (BRASIL, 2022a).

Apesar das inovações, o Planares também enfrenta desafios significativos para sua implementação eficaz. A infraestrutura ainda é inadequada em muitas regiões, especialmente nas menos desenvolvidas, o que dificulta a coleta e o tratamento adequado dos resíduos. Além disso, a necessidade de mecanismos eficientes de fiscalização e incentivo continua a ser um obstáculo, assim como a variabilidade na participação dos municípios. A conscientização e a educação ambiental também precisam ser ampliadas para engajar mais a sociedade civil e garantir que os objetivos ambiciosos do Planares sejam alcançados. Assim, um esforço contínuo e coordenado de todos os atores envolvidos é essencial para superar esses desafios e promover uma gestão de resíduos mais sustentável no Brasil (BRASIL, 2022a).

3 METODOLOGIA

Este trabalho apresentará uma abordagem quantitativa e qualitativa do tema estudado. Com a utilização de dois tipos de pesquisa, sendo elas a pesquisa bibliográfica e a pesquisa documental, pretende-se elaborar uma ferramenta de gerenciamento de resíduos da construção civil com base em indicadores para canteiros de obras de galpões comerciais.

Esta ferramenta será proposta utilizando como ponto de partida as legislações federais relacionadas ao assunto RCC vigentes atualmente no território nacional, o qual será aprimorado com as principais particularidades encontradas em documentos como: (i) leis e planos estaduais e municipais de gestão de RCC; (ii) normas e diretrizes internacionais; (iii) certificações ambientais que avaliem a gestão de RCC nos canteiros de obras; e (iv) artigos de revistas científicas que envolvam o assunto.

Sendo assim, este tópico da Dissertação demonstrará as estratégias e etapas do delineamento da pesquisa que foram aplicadas no decorrer da elaboração da Tese de Mestrado para obtenção da ferramenta de gerenciamento de RCC desejada.

3.1 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA

Durante a elaboração desta Tese de Mestrado foram utilizadas as seguintes Estratégias de Pesquisa:

- **Pesquisa Bibliográfica:** Definida como um levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas por meios escritos, como livros, artigos científicos e páginas da web (FONSECA, 2002).

Exemplos de documentos que foram analisados por meio de pesquisas bibliográficas sobre o assunto: (i) legislações nacionais, estaduais e municipais referentes à gestão de RCC no canteiro de obras; (ii) certificações/indicadores operacionais e; (iii) artigos científicos sobre o assunto.

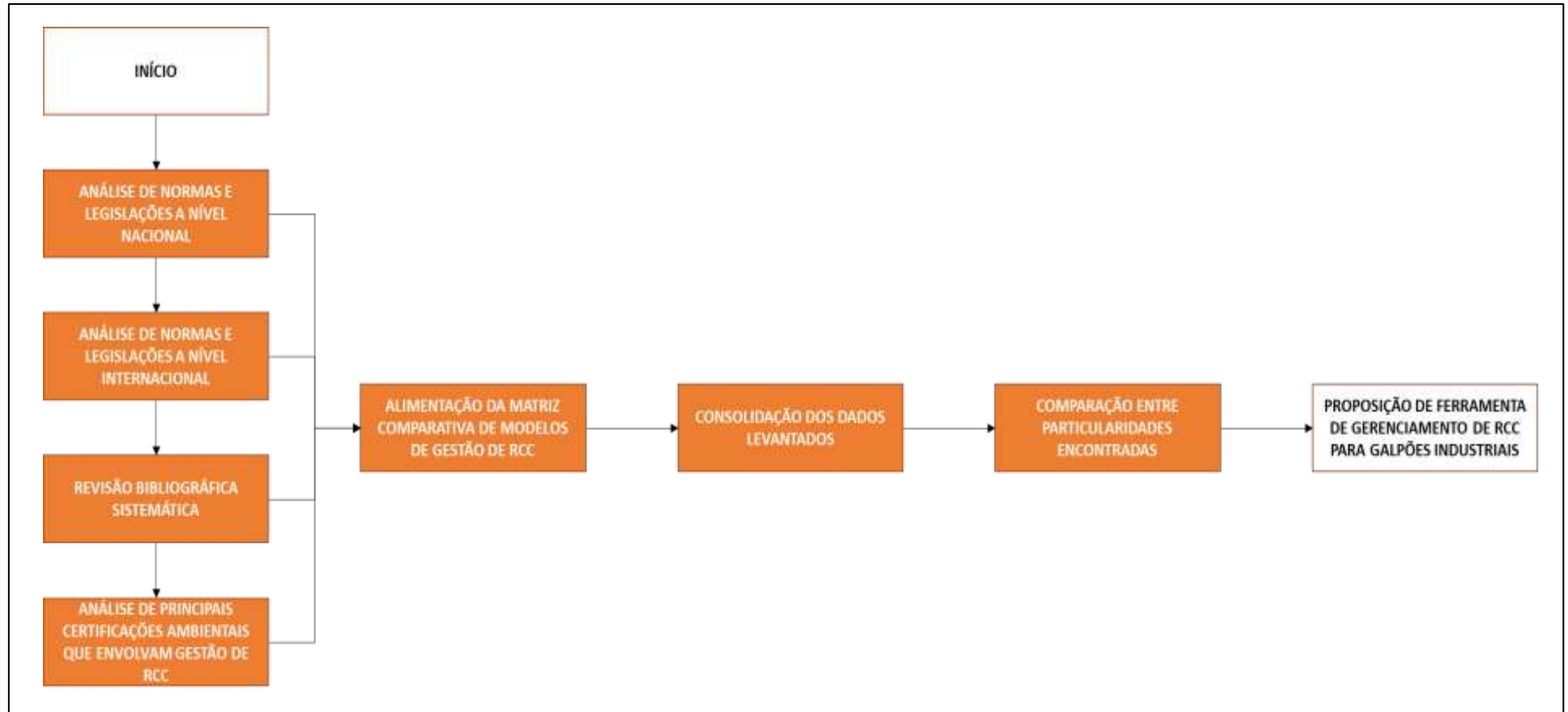
- **Pesquisa Documental:** Definida como um levantamento de informações referentes ao assunto em “fontes primárias”, isto é, dados que ainda não foram tratados científica ou analiticamente, como tabelas estatísticas, relatórios de empresas e vídeos (FONSECA, 2002).

As Estratégias de Pesquisa mencionadas foram aplicadas no decorrer da elaboração da Tese conforme será detalhado no próximo tópico.

3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Para atingir os objetivos propostos durante a elaboração desta Dissertação, a Pesquisa foi delineada de acordo com as etapas apresentadas no Fluxograma a seguir (Figura 14).

Figura 14 - Metodologia utilizada para Elaboração desta Tese



Fonte: Autor (2024).

3.2.1 Análise de Normas e Legislações a Nível Nacional

Como primeira etapa da metodologia desta Dissertação foi feita análise das leis, resoluções e normas vigentes na esfera federal, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos e as Resoluções CONAMA. Conforme já mencionado anteriormente, os registros encontrados a nível federal foram considerados o ponto de partida para proposição de um modelo de gestão de resíduos da construção civil.

A lista de documentos utilizados como “Ponto 0” desta Dissertação está detalhada no Apêndice A.

Após a análise das legislações existentes a nível federal, foram pesquisadas – por meio do Google e dos domínios do governo – normas, diretrizes, legislações e Planos Estaduais referentes ao tema RCC vigentes nas 27 Unidades da Federação (ou seja, estados e Distrito Federal). Quando não foram encontrados registros referentes ao tema RCC em alguma Unidade da Federação, pesquisaram-se documentos acerca do tema Resíduos Sólidos como um todo.

Conforme será descrito na seção de Resultados desta Dissertação, por meio destas duas pesquisas foram encontrados documentos como: o Plano Estadual de Resíduos Sólidos de 2020 do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2020); o Plano Distrital de Resíduos Sólidos (GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL, 2018); e o Tomo I do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Mato Grosso (MODESTO FILHO; LIMA; SILVA, 2022).

Após a obtenção dos documentos a nível estadual, pesquisaram-se normas, diretrizes, legislações e Planos Municipais referentes ao tema RCC (ou ao tema Resíduos Sólidos, no caso do primeiro não ter sido encontrado) nos 20 municípios mais populosos do Brasil de acordo com o último censo demográfico do IBGE, de 2022, como demonstra a Tabela 1.

Tabela 1 – Espaço Amostral dos municípios escolhidos para realização de pesquisas sobre Gestão de Gerenciamento de RCC

Ordem	Cidade	Estado	População segundo último censo
1	São Paulo	São Paulo (SP)	11.451.999
2	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro (RJ)	6.211.223
3	Brasília	Distrito Federal (DF)	2.817.381
4	Fortaleza	Ceará (CE)	2.428.708
5	Salvador	Bahia (BA)	2.417.678
6	Belo Horizonte	Minas Gerais (MG)	2.315.560
7	Manaus	Amazonas (AM)	2.063.689
8	Curitiba	Paraná (PR)	1.773.718
9	Recife	Pernambuco (PE)	1.488.920
10	Goiânia	Goiás (GO)	1.437.366
12	Porto Alegre	Rio Grande do Sul (RS)	1.332.845
13	Belém	Pará (PA)	1.303.403
14	Guarulhos	São Paulo (SP)	1.291.771
15	Campinas	São Paulo (SP)	1.139.047
16	São Luís	Maranhão (MA)	1.037.775
17	Maceió	Alagoas (AL)	957.916
18	Campo Grande	Mato Grosso do Sul (MS)	898.100
19	São Gonçalo	Rio de Janeiro (RJ)	896.744
20	Teresina	Piauí (PI)	866.300

Fonte: Modificado de IBGE (2022b).

Estas cidades foram escolhidas partindo do seguinte pressuposto: quanto maior a população de uma cidade, maior a quantidade de resíduos gerados pelos seus habitantes, dentre eles, os resíduos da construção civil.

Conforme será descrito na seção de Resultados desta Dissertação, por meio desta segunda etapa de pesquisas foram encontrados documentos como: a Lei nº 9.656, de 30 de dezembro de 2020, de Belém – PA (BELÉM, 2020); o Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos de Guarulhos - PGIRS (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARULHOS, 2013); e o Produto 5 do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b).

Após o *download* dos documentos encontrados (legislações federais, estaduais e municipais), deu-se início a etapa de leitura dos registros identificados até o momento, seguindo a seguinte ordem:

- Legislações Federais;
- Legislações Estaduais; e
- Legislações Municipais.

As particularidades de cada registro lido foram sumarizadas em uma “Matriz Comparativa de Modelos de Gestão de RCC”, a qual será detalhada no próximo tópico.

3.2.2 Alimentação da Matriz Comparativa de Modelos de Gestão de RCC

Conforme mencionado no último tópico, após a leitura das legislações e normas sobre gestão de RCC a nível federal, suas principais particularidades (como definições, classificações e responsabilidades) foram inseridas em uma planilha no software *Microsoft Excel* como primeiros registros da Matriz Comparativa de Modelos de Gestão de Resíduos da Construção Civil (aba “Matriz – Ponto 0”), sendo assim utilizados como ponto de partida para elaboração da ferramenta de gerenciamento de resíduos da construção civil em galpões industriais.

Cada informação inserida na Matriz Comparativa seguiu o modelo demonstrado a seguir:

- **Coluna 1 – “Ordem”**: Ordem de leitura do documento;
- **Coluna 2 – “Documento”**: Título do documento lido;
- **Coluna 3 – “Tipo de Legislação”**: Tipo de legislação estudada;
- **Coluna 4 – Data**: Data de publicação do documento;
- **Coluna 5 – “Tipo de Informação”**: Tipo de informação encontrada no documento estudado, podendo esta ser: (i) exemplo; (ii) definição; (iii) classificação; (iv) “geral” – informação geral sobre gestão de RCC, dentro outras;
- **Coluna 6 – “Detalhamento da Informação”**: Detalhamento da informação encontrada. Caso o documento lido esteja em português, o texto é inserido nesta

coluna sem alterações. Caso o documento não esteja em português, sua tradução é inserida nesta coluna;

- **Coluna 7 – “Fonte/Página”:** Fonte ou Página em que a informação relevante sobre RCC foi encontrada no documento); e
- **Coluna 8 – “Comentários”:** Comentários relevantes do autor em relação ao documento estudado, seguindo o seguinte modelo: dia/mês/ano de leitura - comentário.

Além das colunas mencionadas, os documentos estudados foram inseridos em abas próprias de acordo com a classificação a seguir, elaborada pelo autor:

- **Aba “Matriz – Ponto 0”:** Aba voltada para inserção de particularidades encontradas nos documentos considerados como ponto de partida da tese (ou seja, legislações a nível federal);
- **Aba “Matriz – Estados”:** Aba voltada para inserção de particularidades encontradas em legislações estaduais;
- **Aba “Matriz – Municípios”:** Aba voltada para inserção de particularidades encontradas em registros dos 20 municípios brasileiros com maior população segundo o último censo demográfico do IBGE (IBGE, 2022b);
- **Aba “Matriz – Internacional”:** Aba voltada para inserção de particularidades encontradas em registros da amostra de legislações internacionais que será detalhada no tópico 3.2.3;
- **Aba “Matriz – RBS”:** Aba voltada para inserção de particularidades encontradas em registros da amostra de artigos acadêmicos encontrados por meio da Revisão Bibliográfica Sistemática, que será detalhada no tópico 3.2.4; e
- **Aba “Matriz – Certificações”:** Aba voltada para inserção de particularidades encontradas em certificações ambientais, que será detalhada no tópico 3.2.5.

O Quadro 1 representa uma aba preenchida utilizando como exemplo uma particularidade encontrada em cada tipologia de documento estudado, conforme relatado anteriormente.

Quadro 1 – Modelo de preenchimento da Matriz Comparativa de Modelos de Gestão							
Ordem	Documento	Tipo de Legislação	Data	Tipo de Informação	Detalhamento da Informação	Fonte/Página	Comentários
36 (Matriz – Ponto 0)	ABNT NBR 15.112	Norma Brasileira	02/07/2004	Definição	Área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil (ATT): Área destinada ao recebimento de resíduos da construção civil, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.	Art. 3.3	26/09/2023 - Mesma definição das normas 15.113 e 15.114.
1 (Matriz – Municípios)	Lei nº 9.656 de 30 de dezembro de 2020 (Belém - PA)	Lei Municipal	30/12/2020	Definição	g) resíduos de construção civil: gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;	Art. 60 - I	04/12/2023 - NA.
88 (Matriz – Estados)	Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Sergipe	Plano Estadual	29/12/2014	Geral	Ainda com relação ao transporte e disposição, Tavares (2007) afirma que em Aracaju não foi prevista punição ou multa para empresas que disponham RCC nas áreas não licenciadas.	P. 323	20/01/2024 - NA.

Quadro 1 – Modelo de preenchimento da Matriz Comparativa de Modelos de Gestão							
Ordem	Documento	Tipo de Legislação	Data	Tipo de Informação	Detalhamento da Informação	Fonte/Página	Comentários
120 (Matriz – Internacional)	<i>Technical Assistance Consultant's Report - Construction and Demolition Waste Management and Recycling - O1 a 3</i>	Relatório Nacional (China)	01/04/2018	Geral	A Ordenança de Resíduos Comerciais (<i>Gewerbeabfallverordnung</i> , GewAbfV) inclui requisitos para a separação e pré-tratamento de resíduos, incluindo resíduos de construção civil (RCC). Produtores e detentores de resíduos da construção civil devem armazenar, coletar, transportar e destinar para recuperação certas frações de resíduos (vidro, plástico, metais, concreto, tijolos, telhas), se forem produzidas separadamente. A Alemanha também estendeu sua meta de recuperação de RCC mistos para 85%.	P. 164	15/02/2024 - NA.
60 (Matriz – RBS)	<i>Development of indicators to assess waste management sustainability at construction sites in the city of Recife, Brazil</i>	Artigo Científico (RBS)	01/01/2022	Geral	Dados - Quadro 5: Indicadores de sustentabilidade para Destinação Final de resíduos.	P. 10	17/03/2024 - Documento não possui data certa, somente ano.
1 (Matriz – Certificações)	ABNT NBR 14.031	Norma Brasileira	16/02/2015	Definição	Indicador de condição ambiental (ICA): indicador de desempenho ambiental que fornece informações sobre as condições locais, regionais, nacionais ou globais do meio ambiente.	Art. 3.5	20/03/2024 - NA.

Fonte: Autor (2024).

Além das abas mencionadas anteriormente, o autor também utilizou durante suas pesquisas uma aba da planilha denominada “Leituras e Anotações” para controle dos documentos lidos durante a realização do trabalho, sejam eles documentos inseridos nas demais planilhas, ou mesmo registros lidos que não possuíam informações relevantes para a matriz comparativa. Nesta aba foram preenchidas as seguintes informações sobre os documentos estudados:

- **Coluna “Ordem”**: Ordem de leitura dos documentos estudados;
- **Coluna “Documento”**: Título do documento estudado;
- **Coluna “Nome do Arquivo”**: Nome do arquivo contendo o documento;
- **Coluna “Data de Leitura”**: Data de finalização da leitura do documento em questão;
- **Coluna “Principais Informações Encontradas”**: Nesta coluna são inseridos 9 textos padronizados, conforme se segue:
 - a) **“Sem informações relevantes sobre RCC ou RSU encontradas”**: texto padrão para documentos lidos que não apresentaram informações relevantes sobre RCC ou mesmo sobre Resíduos Sólidos para esta dissertação;
 - b) **“Informações relevantes encontradas sobre RSU inseridas nos Comentários”**: texto padrão para documentos lidos que não apresentaram informações relevantes específicas sobre RCC, mas apresentaram detalhes interessantes sobre Resíduos Sólidos como um todo;
 - c) **“Informações relevantes sobre RCC inseridas nos Comentários”**: texto padrão para documentos lidos que apresentaram informações relevantes sobre RCC que não foram inseridas nas demais abas da matriz por serem textos sucintos ou elementos visuais (figuras e gráficos) que não podem ser traduzidos adequadamente para textos;
 - d) **“Inserido na Matriz – Ponto 0”**: texto padrão para documentos estudados que tiveram informações relevantes inseridas na aba “Matriz – Ponto 0”;
 - e) **“Inserido na Matriz – Estados”**: texto padrão para documentos estudados que tiveram informações relevantes inseridas na aba “Matriz – Estados”;

- f) **“Inserido na Matriz – Municípios”**: texto padrão para documentos estudados que tiveram informações relevantes inseridas na aba “Matriz – Municípios”;
 - g) **“Inserido na Matriz – Internacional”**: texto padrão para documentos estudados que tiveram informações relevantes inseridas na aba “Matriz – Internacional”;
 - h) **“Inserido na Matriz – RBS”**: texto padrão para documentos estudados que tiveram informações relevantes inseridas na aba “Matriz – RBS”; e
 - i) **“Inserido na Matriz – Certificações”**: texto padrão para documentos estudados que tiveram informações relevantes inseridas na aba “Matriz – Certificações”.
- **Coluna “Classificação do Documento”**: Classificação do documento segundo as pesquisas realizadas pelo autor: (i) Legislações Nacionais – Ponto 0; (ii) Legislações Nacionais – Estados & Distrito Federal; (iii) Legislações Nacionais – Municípios; (iv) Legislações Internacionais; (v) Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS); e (vi) Certificações Ambientais; e
 - **Coluna “Comentários”**: Comentários gerais do autor – em português informal - sobre os documentos estudados. Em alguns casos específicos, o autor pintou as células desta coluna em dois códigos de cores, sendo elas:
 - a) **Amarelo**: utilizado em registros que mencionam outros documentos sobre o assunto RCC ou sobre o “macrotema” Resíduos Sólidos que não foram encontrados pelo autor durante a elaboração desta Tese; e
 - b) **Verde**: Documentos/registros que o autor entendeu como muito relevantes para o tema de pesquisa em questão.

Conforme será demonstrado no decorrer das demais etapas da Metodologia de Pesquisa, a Matriz Comparativa de Modelos de Gestão foi alimentada durante as etapas 3.2.1, 3.2.3, 3.2.4 e 3.2.5. Os demais dados relacionados a esta matriz serão detalhados no tópico 3.2.6 – Comparação dos registros obtidos.

3.2.3 Análise de Normas e Legislações a Nível Internacional

Como terceira etapa da metodologia desta Dissertação, foram pesquisadas por meio do Google normas, diretrizes, legislações e Planos Nacionais de Gestão e Gerenciamentos de Resíduos da Construção Civil (ou ao tema Resíduos Sólidos, no caso do primeiro não ter sido encontrado) no espaço amostral formado da intersecção entre os 20 países com maiores populações, conforme *Worldometers* (2023) e os 20 países com maiores PIB, conforme o FMI (*Fund International Monetary*, 2024), como demonstra as Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Espaço Amostral A: 20 países com maiores populações

Ordem	País	População segundo <i>Worldometers</i> (2023)
1	Índia	1.428.627.663
2	China	1.425.671.352
3	Estados Unidos	339.996.563
4	Indonésia	277.534.122
5	Paquistão	240.485.658
6	Nigéria	223.804.632
7	Brasil	216.422.446
8	Bangladesh	172.954.319
9	Rússia	144.444.359
10	México	128.455.567
11	Etiópia	126.527.060
12	Japão	123.294.513
13	Filipinas	117.337.368
14	Egito	112.716.598
15	República Democrática do Congo	102.262.808
16	Vietnã	98.858.950
17	Irã	89.172.767
18	Turquia	85.816.199
19	Alemanha	83.294.633
20	Tailândia	71.801.279

Fonte: Modificado de *Worldometers* (2023).

Tabela 3 – Espaço Amostral B: 20 países com maiores Produtos Internos Brutos (PIB)

Ordem	País	PIB em USD segundo FMI (2024)
1	Estados Unidos	28,78 trilhões
2	China	18,5 trilhões
3	Alemanha	4,59 trilhões
4	Japão	4,11 trilhões
5	Índia	3,94 trilhões
6	Reino Unido	3,50 trilhões
7	França	3,13 trilhões
8	Itália	2,33 trilhões
9	Brasil	2,33 trilhões
10	Canadá	2,24 trilhões
11	Rússia	2,06 trilhão
12	México	2,02 trilhão
13	Austrália	1,79 trilhão
14	Coreia do Sul	1,76 trilhão
15	Espanha	1.58 trilhão
16	Indonésia	1.42 trilhão
17	Turquia	1.15 trilhão
18	Holanda	1.09 trilhão
19	Arábia Saudita	1.07 trilhão
20	Suíça	905 bilhões

Fonte: Modificado de FMI (2024).

Estes dois espaços amostrais foram escolhidos partindo de duas suposições: (i) quanto maior a população de um país, maior a quantidade de resíduos gerados pelos seus habitantes, dentre eles, os resíduos da construção civil; e (ii) os países com maiores PIB geralmente apresentam políticas inovadoras em diversos aspectos, dentre eles o Gerenciamento de Resíduos.

Por meio da intersecção entre os dois espaços amostrais, obteve-se o espaço amostral C formado pelos 29 países (além do Brasil) representados no Quadro 2.

Quadro 2 – Espaço Amostral C: Espaço Amostral dos países escolhidos para realização de pesquisas sobre Gestão de Gerenciamento de RCC

Ordem	País
1	Índia
2	China
3	Estados Unidos
4	Indonésia
5	Paquistão
6	Nigéria
7	Bangladesh
8	Rússia
9	México
10	Etiópia
11	Japão
12	Filipinas
13	Egito
14	República Democrática do Congo
15	Vietnã
16	Irã
17	Turquia
18	Alemanha
19	Tailândia
20	Reino Unido
21	França
22	Itália
23	Canadá
24	Coreia do Sul
25	Austrália
26	Espanha
27	Holanda
28	Arábia Saudita
29	Suíça

Fonte: Autor (2024).

Conforme será descrito na seção de Resultados desta Dissertação, por meio desta pesquisa foram encontrados documentos como: *Construction & Demolition Waste Management Region 8 Sustainability & Environmental Management System (GENERAL SERVICES ADMINISTRATION, 2012)*; *Construction Waste Recycling Promotion Act (STATUTES OF THE REPUBLIC OF KOREA, 2019)*; e *Technical Assistance Consultant's Report - Construction and Demolition Waste Management and Recycling (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d)*.

Após o *download* dos documentos encontrados (legislações federais, estaduais e municipais), deu-se início a etapa de leitura dos registros identificados, com cada particularidade encontrada sendo inserida na “Matriz Comparativa de Modelos de Gestão de RCC”, já explicitada no último tópico.

3.2.4 Revisão Bibliográfica Sistemática

A próxima etapa realizada para obtenção da ferramenta de gerenciamento de resíduos da construção civil em canteiros de obras de galpões industriais consistiu em uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) referente ao tema de pesquisa por meio da combinação das 3 colunas de palavras-chaves demonstradas no Quadro 3.

Quadro 3 – Palavras-chave adotadas na Revisão Bibliográfica Sistemática desta Dissertação

Palavra-chave 1	Palavra-chave 2	Palavra-chave 3
<i>Management</i>	<i>Construction waste</i>	<i>Case Study</i>
<i>Indicators</i>	<i>Construction and demolition waste</i>	<i>Indicators</i>
-	<i>Construction & demolition waste</i>	<i>Construction Site</i>
-	<i>CDW</i>	<i>Industry</i>
-	-	<i>Distribution Center</i>

Fonte: Autor (2024).

Combinando-se as 3 colunas do Quadro 3 sem repetições de termos foram obtidas 36 combinações de palavras chaves (36 *strings* de busca), conforme demonstrado no Quadro 4.

Quadro 4 – Strings de busca utilizados na RBS

String de Busca	Palavra-chave 1	Operador Lógico	Palavra-chave 2	Operador Lógico	Palavra-chave 3
1	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction waste</i>	<i>and</i>	<i>Case Study</i>
2	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction and demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Case Study</i>
3	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction & demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Case Study</i>
4	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>CDW</i>	<i>and</i>	<i>Case Study</i>
5	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction waste</i>	<i>and</i>	<i>Indicators</i>
6	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction and demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Indicators</i>
7	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction & demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Indicators</i>
8	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>CDW</i>	<i>and</i>	<i>Indicators</i>
9	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction waste</i>	<i>and</i>	<i>Construction Site</i>
10	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction and demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Construction Site</i>
11	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction & demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Construction Site</i>
12	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>CDW</i>	<i>and</i>	<i>Construction Site</i>
13	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction waste</i>	<i>and</i>	<i>Industry</i>
14	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction and demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Industry</i>
15	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction & demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Industry</i>
16	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>CDW</i>	<i>and</i>	<i>Industry</i>
17	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction waste</i>	<i>and</i>	<i>Distribution Center</i>
18	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction and demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Distribution Center</i>
19	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>Construction & demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Distribution Center</i>
20	<i>Management</i>	<i>and</i>	<i>CDW</i>	<i>and</i>	<i>Distribution Center</i>
21	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>Construction waste</i>	<i>and</i>	<i>Case Study</i>
22	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>Construction and demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Case Study</i>
23	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>Construction & demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Case Study</i>
24	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>CDW</i>	<i>and</i>	<i>Case Study</i>
25	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>Construction waste</i>	<i>and</i>	<i>Construction Site</i>
26	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>Construction and demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Construction Site</i>
27	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>Construction & demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Construction Site</i>
28	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>CDW</i>	<i>and</i>	<i>Construction Site</i>
29	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>Construction waste</i>	<i>and</i>	<i>Industry</i>
30	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>Construction and demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Industry</i>
31	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>Construction & demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Industry</i>
32	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>CDW</i>	<i>and</i>	<i>Industry</i>
33	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>Construction waste</i>	<i>and</i>	<i>Distribution Center</i>
34	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>Construction and demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Distribution Center</i>
35	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>Construction & demolition waste</i>	<i>and</i>	<i>Distribution Center</i>
36	<i>Indicators</i>	<i>and</i>	<i>CDW</i>	<i>and</i>	<i>Distribution Center</i>

Fonte: Autor (2024).

Estas 36 strings de busca foram utilizadas em 4 das Bases de Dados mais conceituadas no meio acadêmico, sendo elas:

- *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*;
- *Google Scholar*TM;
- *SciVerse Scopus* ®; e
- *Web of Science*TM.

Com a realização das pesquisas nestas 4 Bases de Dados foram obtidas 144 *strings* de busca distintas, conforme detalhado no Quadro 5.

Quadro 5 – Strings de Busca x Bases de Dados

Numeração da Pesquisa	Base de Dados
1 - 36	<i>Scientific Electronic Library Online (SciELO)</i> ;
37 - 72	<i>Google Scholar</i> TM ;
73 - 108	<i>SciVerse Scopus</i> ®; e
109 - 144	<i>Web of Science</i> TM .

Fonte: Autor (2024).

Após a realização de cada pesquisa, os registros encontrados foram incluídos em uma planilha no *Microsoft Excel* para facilitar os processos de classificação e qualificação dos documentos.

Com a realização do *input* inicial dos registros obtidos na planilha, notou-se que alguns resultados estavam repetidos, seja devido à utilização das mesmas *strings* de busca em Bases de Dados distintas, ou por diferentes *strings* de busca em uma mesma Base de Dados.

Devido a isso, os documentos repetidos foram excluídos da planilha, mas sua numeração de pesquisa foi adicionada à primeira pesquisa que obteve como resultado o documento repetido, conforme exemplificado nos Quadros 6 e 7.

Quadro 6 – Exemplo de preenchimento da planilha de resultados obtidos antes da exclusão dos registros duplicados

Numeração da Pesquisa	Título do Documento	Autores	Ano de Publicação	Nome do Periódico	Instituição do Autor Principal	País do Autor Principal
1	Documento A	Autor A, Autor B & Autor C	Ano 1	Periódico I	Universidade Aa	País 1
1	Documento B	Autor D, Autor E & Autor F	Ano 2	Periódico II	Universidade Bb	País 2
1	Documento C	Autor A, Autor C & Autor F	Ano 3	Periódico III	Universidade Cc	País 3
5	Documento A	Autor A, Autor B & Autor C	Ano 1	Periódico I	Universidade Aa	País 1
5	Documento D	Autor A, Autor F & Autor G	Ano 1	Periódico II	Universidade Cc	País 2

Fonte: Autor (2024).

Quadro 7 – Exemplo de preenchimento da planilha de resultados obtidos após a exclusão dos registros duplicados

Numeração da Pesquisa	Título do Documento	Autores	Ano de Publicação	Nome do Periódico	Instituição do Autor Principal	País do Autor Principal
1 & 5	Documento A	Autor A, Autor B & Autor C	Ano 1	Periódico I	Universidade Aa	País 1
1	Documento B	Autor D, Autor E & Autor F	Ano 2	Periódico II	Universidade Bb	País 2
1	Documento C	Autor A, Autor C & Autor F	Ano 3	Periódico III	Universidade Cc	País 3
5	Documento D	Autor A, Autor F & Autor G	Ano 1	Periódico II	Universidade Cc	País 2

Fonte: Autor (2024).

Após a exclusão dos documentos repetidos, os registros foram classificados e qualificados de acordo com os seguintes critérios de classificação e qualificação binários (“Sim” ou “Não”):

- **Critério de classificação 1 (C1):** Publicações entre 2017 e 2022 (últimos 5 anos, tendo como base a data de início das pesquisas – 2022);
- **Critério de classificação 2 (C2):** Leitura do Título;
- **Critério de qualificação 1 (Q1):** Disponibilidade para baixar de forma gratuita; e
- **Critério de qualificação 2 (Q2):** Leitura do Resumo/Abstract.

Após a passagem de todos os registros obtidos inicialmente pelos critérios de classificação e qualificação descritos, o autor escolheu um espaço amostral adequado para leitura. À medida que os documentos eram lidos, cada particularidade encontrada foi sendo inserida na aba “Matriz – RBS” da “Matriz Comparativa de Modelos de Gestão de RCC” já explicitada no Tópico 3.2.2.

O Quadro 8 demonstra 5 exemplos de preenchimento da planilha de “Resultados obtidos – RBS”.

Quadro 8 – Exemplo de preenchimento dos resultados obtidos pela RBS

Numeração da Pesquisa	Título do Documento	Autores	Ano de Publicação	Nome do Periódico	Instituição do Autor Principal	País do Autor Principal	C1	C2	Q1	Q2
1	Classificação de pilhas de estéril na mineração de ferro	Giani Aparecida Santana Aragão & Waldyr Lopes de Oliveira Filho	2011	Rem: Revista Escola de Minas	Universidade Federal de Ouro Preto	Brasil	Não	Não	Não	Não
5	Gestão da água em usina de concreto: análise do emprego de <i>Moringa oleifera</i> no tratamento de água residuária e proposta de reuso após tratamento	Thaynara de Almeida Corrêa e Silva & Heber Martins de Paula	2019	Matéria (Rio de Janeiro)	Universidade Federal de Goiás	Brasil	Sim	Não	Não	Não
38, 40 & 112	<i>Differences of methods to quantify construction and demolition waste for less-developed but fast-growing countries: China as a case study</i>	Ning Zhang, Lina Zheng, Huabo Duan, Fengfu Yin, Jiabin Li & Yongning Niu	2019	Environmental Science and Pollution Research	Shenzhen University	China	Sim	Sim	Não	Não
13, 14 & 16	Modelo de regressão linear para estimativa de geração de RCD em obras de alvenaria estrutural	Marcelo Oliveira Caetano, Asafe Bonisoni Fagundes & Luciana Paulo Gomes	2018	Ambiente Construído	Universidade do Vale do Rio dos Sinos	Brasil	Sim	Sim	Sim	Não
1 e 2	<i>Urbanización de viviendas y gestión ecoeficiente de residuos de construcción en Chile: aplicación del modelo español</i>	Claudia Marcela Muñoz Sanguinetti, Cristina Rivero Camacho, Madelyn Marrero Meléndez & Gabriel Cereceda Balic	2019	Ambiente Construído	Universidad del Bío-Bío, Concepción - Chile	Chile	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Autor (2024).

3.2.5 Análise das Principais Certificações Ambientais com Indicadores de Gestão de RCC

A próxima etapa da Metodologia de Pesquisa desta dissertação consistiu na análise das principais certificações ambientais que apresentam indicadores relacionados à gestão de RCC em canteiros de obras.

Nesta etapa, buscaram-se nos *websites* das certificações ambientais descritas a seguir relatórios, parâmetros, pontuações, dentre outros documentos relacionados à gestão de RCC em canteiros de obras:

- a) ***Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)***: O LEED é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações utilizado atualmente em mais de 160 países. Este sistema possui o intuito de incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações, sempre com foco na sustentabilidade de suas atuações (GBC BRASIL, 2020).

O Leed possui 4 tipologias, as quais consideram as diferentes necessidades para cada tipo de empreendimento:

- ***Building Design + Construction (BD+C)***: voltado para novas construções e grandes reformas;
- ***Interior Design + Construction (ID+C)***: focado em escritórios comerciais e lojas de varejo;
- ***Operation & Maintenance (O+M)***: para empreendimentos existentes; e
- ***Neighborhood (ND)***: voltado para certificações ambientais em bairros.

Cada tipologia mencionada anteriormente analisa 8 áreas, conforme a Figura 15.

Figura 15 – Áreas analisadas em cada tipologia da certificação *LEED*.



Fonte: Modificado de GBC Brasil (2017).

Além disso, cada uma destas 8 áreas possui pré-requisitos e créditos. Os pré-requisitos são:

“Ações obrigatórias em qualquer empreendimento que busca a certificação. Não cumprindo um dos diversos pré-requisitos, impossibilita o empreendimento receber a certificação” (GBC BRASIL, 2017).

Já os créditos são definidos como:

“(…) ações que o LEED sugere, sempre focadas em performance de desempenho. À medida que o empreendimento assume tal ação, recebe uma pontuação” (GBC BRASIL, 2017).

Por fim, cada uma das 4 tipologias existentes possuem um total de 110 pontos possíveis. Tais pontos são conquistados à medida que o empreendimento adotar os créditos sugeridos pelo *LEED*. Por meio das pontuações, os empreendimentos podem ser classificados em 4 níveis, conforme Figura 16.

Figura 16 – Níveis de Classificação da Certificação *LEED* conforme pontuação obtida.



Fonte: GBC Brasil (2017).

Dentre as tipologias mencionadas, esta Dissertação dará enfoque à tipologia BD+C. Atualmente essa tipologia está em sua versão 4.1 Beta, de fevereiro de 2024 (U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, 2024).

- b) Alta Qualidade Ambiental - *Haute Qualité Environnementale* (AQUA – HQE™):** AQUA-HQE™ é uma certificação internacional desenvolvida a partir da renomada certificação francesa HQE™ e aplicada no Brasil exclusivamente pela Fundação Carlos Alberto Vanzolini (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2024).

Atualmente essa certificação internacional possui referenciais técnicos para os seguintes tipos de empreendimento:

- **Edifícios em construção:** (i) Edifícios Não Residenciais em Construção; (ii) Edifícios Residenciais em Construção; e (iii) Edifícios do setor de serviços – Organizações de Saúde;
- **Edifícios em operação:** os edifícios em operação são certificados em três eixos: (i) Eixo Edifício Sustentável; (ii) Eixo Gestão Sustentável; e (iii) Eixo Uso Sustentável;
- Condomínios Residenciais em Operação;
- Planejamento Urbano; e
- Infraestrutura.

Cabe destacar que as características certificadas pela AQUA-HQE™ correspondem ao atingimento de um nível de desempenho definido nos

referenciais técnicos para cada um dos 4 temas a seguir, as quais decorrem do desempenho de 14 categorias definidas nos referenciais da certificação:

- **Em edifícios comerciais, administrativos e de serviços:** Energia, Meio ambiente, Saúde e Conforto; e
- **Em edifícios residenciais:** Energia e economias, Meio ambiente, Saúde e Conforto do usuário.

Para esta Tese, foram lidos os documentos referentes a “Edifícios Não Residenciais em Construção”. O Referencial Técnico aplicado nestes casos é o de “Edifícios Em construção”. Este documento especifica as exigências que o solicitante deve respeitar para poder utilizar a marca Processo AQUA™ certificado pela Fundação Vanzolini e HQE™ Certificado pelo Cerway em seus empreendimentos em construção (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014a).

Porém, cabe destacar que este Referencial de Certificação AQUA-HQE™ não substitui exigências de ordem legislativa, regulamentar ou normativa em vigor, que o solicitante, qualquer que seja o país, deva conhecer, dominar e aplicar (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014a).

O Referencial em questão é composto dos seguintes documentos (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2014a):

- As presentes regras de Certificação AQUA-HQE™ Certificado pela FUNDAÇÃO VANZOLINI e pelo CERWAY para edifícios em construção;
- O referencial AQUA-HQE™ de exigências do Sistema de Gestão do Empreendimento para edifícios em construção;
- O referencial AQUA-HQE™ de avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios residenciais em construção;
- O referencial AQUA-HQE™ de avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios comerciais, administrativos e de serviços em construção;

- O guia prático AQUA-HQE™ do desempenho ambiental de edifícios comerciais, administrativos e de serviços em construção; e
- O guia de auditorias AQUA-HQE™ para o empreendedor, que especifica as etapas e regras para o agendamento e desenvolvimento das missões de auditoria.

c) ***Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology (BREEAM)***: O *BREEAM* é um método de avaliação de sustentabilidade criado pela *BRE Group (Building Research Establishment)* em 1990. A empresa em questão foi fundada no Reino Unido em 1921 e tem como foco o desenvolvimento de soluções baseadas na ciência para os desafios do ambiente construído (BRE GLOBAL, 2024a).

Desde seu lançamento, o *BREEAM* tem auxiliado a melhorar o desempenho dos ativos em todas as suas etapas (desde o Projeto a Possíveis Reformas), com atualmente milhões de edifícios ao redor do mundo estando registrados na abordagem holística do *BREEAM* para alcançar objetivos Ambientais e de Governança Social (do original, *Environmental and Social Governance – ESG*), como: (i) carbono zero líquido, (ii) desempenho ao longo da vida útil; e (iii) biodiversidade, entre outros (BRE GLOBAL, 2024b, 2024c).

O *BREEAM* possui 7 padrões distintos (BRE GLOBAL, 2024b, 2024c):

- ***BREEAM New Construction***: Este padrão fornece uma estrutura para entregar ativos recém-construídos que sejam de alto desempenho e sustentáveis. A estrutura apoia o sucesso comercial enquanto cria impacto ambiental e social positivo. Cada padrão utiliza uma estrutura comum que é adaptável à localização do ativo, permitindo consistência e comparabilidade internacionais (BRE GLOBAL, 2024b);
- ***BREEAM In-Use***: Este padrão fornece uma estrutura para permitir que investidores imobiliários, proprietários, gerentes e ocupantes façam melhorias sustentáveis em seus ativos. Também auxilia a melhorar o desempenho de

edifícios que já estão em uso, com suporte para *benchmarking*, garantia e validação de dados operacionais do ativo (BRE GLOBAL, 2024b);

- ***BREEAM Communities***: Este padrão fornece uma estrutura para apoiar planejadores, autoridades locais, desenvolvedores e investidores a integrar e avaliar o design sustentável no planejamento mestre de novas comunidades e projetos de regeneração (BRE GLOBAL, 2024b);
- ***BREEAM Refurbishment and Fit-Out***: Tais padrões fornecem uma estrutura para entregar projetos a um padrão de alto desempenho e sustentável, apoiar o sucesso comercial e criar impacto ambiental e social positivo (BRE GLOBAL, 2024b);
- ***BREEAM USA***: O *BREEAM USA* oferece certificação específica em todo o país e possui sede operacional em São Francisco (BRE GLOBAL, 2024b);
- ***BREEAM Infrastructure***: Este é o esquema de classificação de sustentabilidade para infraestrutura e engenharia civil. Ele visa abordar as principais questões da indústria, incluindo mudanças climáticas, carbono e resiliência, melhorando a sustentabilidade da infraestrutura (BRE GLOBAL, 2024b); e
- ***Home Quality Mark (HQM)***: Baseado no mesmo quadro científico do *BREEAM*, o *Home Quality Mark (HQM)* é um padrão confiável para novas residências no Reino Unido. Ele consiste em um indicador de desempenho e sustentabilidade que permite aos construtores de casas demonstrar a qualidade de suas residências ao mercado (BRE GLOBAL, 2024b).

O processo do *BREEAM* ocorre por meio de cinco passos: **(i)** busca de um avaliador licenciado pelo *BREEAM*; **(ii)** registro do projeto; **(iii)** realização da avaliação; **(iv)** realização de verificação de garantia de qualidade da avaliação; e

(v) recebimento da certificação. Quanto às categorias de avaliação, esta certificação avalia os empreendimentos quanto aos parâmetros a seguir:

- Gerenciamento;
- Água;
- Energia;
- Transporte;
- Saúde e bem-estar;
- Recursos;
- Resiliência;
- Uso da terra e ecologia;
- Poluição;
- Materiais;
- Resíduos; e
- Inovação.

Por fim, esta certificação possui 5 classificações, representadas por meio de estrelas: 1 – Aceitável/Suficiente, 2 – Bom, 3 – Muito Bom, 4 – Excelente e 5 – Excepcional. A Figura 17 demonstra as possíveis classificações da certificação *BREEAM*.

Figura 17 – Classificações da Certificação BREEAM.

BREEAM rating		% score
Outstanding	★★★★★	≥85
Excellent	☆★★★★	≥70
Very good	☆☆★★★	≥55
Good	☆☆☆★★	≥45
Pass	☆☆☆☆★	≥30
Unclassified	☆☆☆☆☆	<30

Fonte: BRE Global (2024d).

d) Green Star Rating System: Fundado em 2003 pelo *Green Building Council of Australia (GBCA)*, o *Green Star* é um Sistema de Classificação desenvolvido para o ambiente australiano que já certificou milhares de instalações sustentáveis, edifícios, residências e comunidades em todo o país com o objetivo de (*GREEN BUILDING COUNCIL OF AUSTRALIA, 2024a*):

- Reduzir o impacto das mudanças climáticas;
- Aprimorar nossa saúde e qualidade de vida;
- Restaurar e proteger a biodiversidade e os ecossistemas do nosso planeta;
- Promover a resiliência em edifícios, instalações e comunidades; e
- Contribuir para a transformação do mercado e uma economia sustentável.

Esta certificação classifica os empreendimentos em 6 níveis, sendo eles: 1 Estrela – Práticas Mínimas, 2 Estrelas – Práticas Moderadas; 3 Estrelas – Boas Práticas, 4 Estrelas – Melhores Práticas, 5 Estrelas – Excelência Australiana e 6 Estrelas – Liderança Mundial. A Figura 18 demonstra os níveis de certificação mencionados.

Figura 18 – Classificações da Certificação *Green Star*.







Fonte: *Green Building Council of Australia (2024a)*.

Esta certificação possui 5 tipologias conforme se segue (*GREEN BUILDING COUNCIL OF AUSTRALIA*, 2024b):

- ***Green Star Buildings***: abrangendo todos os tipos de edifícios, esta tipologia atende às demandas atuais e futuras do ambiente construído com *benchmarks* aspiracionais para abordar os principais problemas da próxima década: ação climática, eficiência de recursos e saúde e bem-estar;
- ***Green Star Homes***: lançado em agosto de 2021, o *Green Star Homes* é um padrão que avalia a saúde, resiliência e eficiência energética dos lugares onde vivemos;
- ***Green Star Interiors***: esta tipologia avalia o design sustentável e a construção de qualquer projeto de interiores;
- ***Green Star Performance***: esta ferramenta é voltada para certificar a eficiência operacional de edifícios existentes; e
- ***Green Star Communities***: esta tipologia é voltada para certificar um plano e a entrega para desenvolver a sustentabilidade de projetos em escala de vizinhança, bairro ou comunidade.

O caminho de cada uma das 4 tipologias (com exceção da tipologia *Homes*) mencionadas está representado na Figura 19.

Figura 19 – Caminhos de cada uma das 4 Certificações *Green Star*.

Pathway	Description				
		Buildings	Communities	Performance	Interiors
Single project	One single building, fit-out or precinct being certified	✓	✓	✓	✓
Volume	A customized service whereby multiple projects (each receiving their own certification) share similar features. It enables common credits to be assessed in advance, streamlining their use on each project. Available to members only. Requires agreement to the approach with the GBAC before commencing.	✓	✓	✓	
Portfolio	For certifying multiple existing buildings at once using Green Star Performance. Each building receives a certification, and a certification is also provided at the portfolio scale. Available to members only.				✓
Site-wide credits	For certifying multiple buildings on a site (each receiving their own certification), where they may share similar credits across the site.	✓			
Multiple building single rating	Certifying identical buildings in close proximity, under one single certification. Only for buildings to be owned and bought/sold together, and with identical uses. This is a 'by exception' approach and must be approved through an eligibility request before registration.	✓			
Credit by credit assessment	A way of having single credit submitted and assessed individually (or in batches) for a project.	✓	✓	✓	
Communities to Buildings cross claim	Streamlines the process of certifying buildings projects that sit within a certified Green Star Community, due to personalities in the sustainability attributes at a precinct scale.	✓	✓		
Crosswalks	Guidance documents for projects seeking certification under Green Star and other certification systems. Currently includes: <ul style="list-style-type: none"> • Passive House • WELL • Living Building Challenge Other tool crosswalks may be developed for specific projects by the GBAC, for a fee.	✓			

Fonte: *Green Building Council of Australia* (2024b).

e) *Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE)*: O CASBEE é um método de avaliação e classificação do desempenho ambiental de edifícios e do ambiente construído. Este método foi desenvolvido por um comitê de pesquisa formado em 2001 pela colaboração entre a academia, indústria e governos nacional e locais, que estabeleceram o Consórcio Japonês de Construção Sustentável (do original, *Japan Sustainable Building Consortium - JSBC*) sob a influência do Ministério da Terra, Infraestrutura, Transporte e Turismo (do original, *Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism – MLIT*) (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION*, 2024b).

O CASBEE é composto por ferramentas de avaliação adaptadas a diferentes escalas, sendo elas:

- **Escala da Habitação:** Esta escala aborda as ferramentas *CASBEE for New Detached Houses* (usada para avaliar o desempenho ambiental de casas isoladas), *CASBEE for Existing Detached Houses* (utilizada para a avaliação de casas isoladas existentes) e *CASBEE for Housing Units* (destinada para unidades em prédios de apartamentos), além dos checklists *CASBEE for Housing Renovation Checklist* (utilizado para incentivar a renovação de residências) e *CASBEE Health Checklist* (utilizado para avaliar a “saúde” das residências) (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION*, 2024b, 2024c);
- **Escala de Edifícios:** Esta escala aborda as ferramentas *CASBEE for New Construction (CASBEE-NC)*, *CASBEE for Existing Buildings (CASBEE-EB)*, *CASBEE for Renovation (CASBEE-RN)*, que serão melhor detalhadas nos próximos parágrafos desta Dissertação, além das ferramentas: *CASBEE for New Construction Locally Customized Edition for Municipalities* (ferramenta modificada para uso de autoridades locais para administração de construções), *CASBEE for Interior Space* (voltada a áreas ocupadas por inquilinos), *CASBEE for Temporary Construction (CASBEE-TC)*, voltada para construções temporárias), *CASBEE for Heat Island Relaxation (CASBEE-HI)*, com foco na

avaliação do efeito de ilhas de calor), *CASBEE for Schools* (desenvolvido para avaliar escolas primárias, secundárias ou de ensino médio) e *CASBEE for Real Estate* (anteriormente denominado *CASBEE for Market Promotion*, destinado a promover edifícios verdes no mercado imobiliário) (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION*, 2024b, 2024d);

- **Escala Urbana:** Esta escala aborda a ferramenta *CASBEE for Urban Development* (*CASBEE-UD*, voltado a grupos de edifícios) e o checklist *CASBEE Community Health Checklist* (utilizado para verificar a “saúde” das comunidades) (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION*, 2024b, 2024e); e
- **Escala das Cidades:** Esta escala aborda as ferramentas *CASBEE for Cities* (sistema para avaliar de forma abrangente o desempenho ambiental das cidades) e *CASBEE for Cities - Pilot version for worldwide use* (desenvolvido para avaliação em escala da cidade em vários tipos de cidades em países desenvolvidos ou em desenvolvimento) (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION*, 2024b, 2024f).

As ferramentas mencionadas anteriormente são coletivamente conhecidas como a Família *CASBEE* (*CASBEE Family*). (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION*, 2024c, 2024d, 2024e, 2024f).

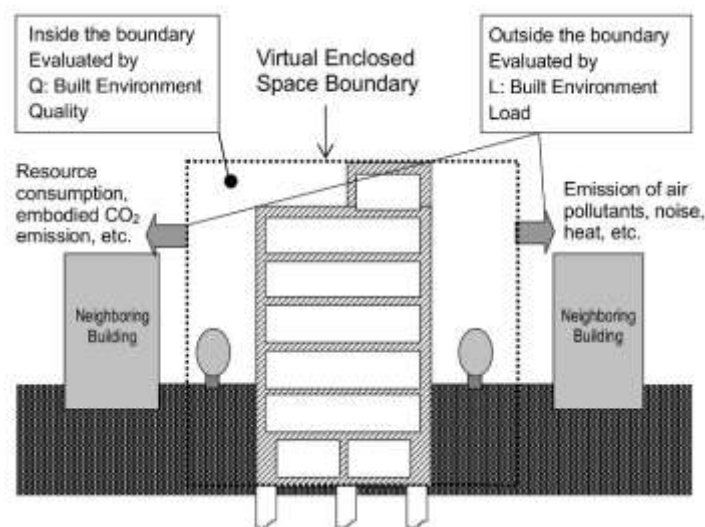
Antes de falar das diferentes escalas existentes nesta certificação cabe detalhar um conceito amplamente utilizado em cada uma das 4 escalas do *CASBEE*: Eficiência do Ambiente Construído (do original: *Built Environment Efficiency – BEE*) (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION*, 2024a).

O *BEE* é utilizado pelas certificações da Família *CASBEE* como seu indicador de avaliação. Ele pode ser definido como a relação entre a qualidade e a carga ambiental de um empreendimento. Nas certificações *CASBEE* são considerados

dois espaços: interno e externo, os quais são divididos pela fronteira virtual do “espaço fechado”, que é definida pela fronteira do local e outros elementos, com dois fatores relacionados aos dois espaços. Sendo assim, nas certificações *CASBEE* são considerados lado a lado os "aspectos negativos do impacto ambiental que ultrapassam o espaço fechado virtual para o exterior (a propriedade pública)" e a “melhoria do conforto de vida para os usuários do edifício dentro do espaço fechado virtual (a propriedade privada)", os quais são representados, respectivamente, pelas letras Q (*Quality/Qualidade do Ambiente Construído*) e L (*Load/Carga do Ambiente Construído*), principais categorias de avaliação desta certificação.

A Figura 20 representa a divisão das duas categorias mencionadas com base na fronteira do espaço virtual fechado (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION, 2024a*).

Figura 20 – Divisão das categorias de avaliação para Q: Qualidade do Ambiente Construído e L: Carga do Ambiente Construído com base na fronteira do espaço fechado virtual



Fonte: *Institute for Building Environment and Energy Conservation (2024a)*.

Por meio destas duas categorias, o *CASBEE* abrange seis campos de avaliação:

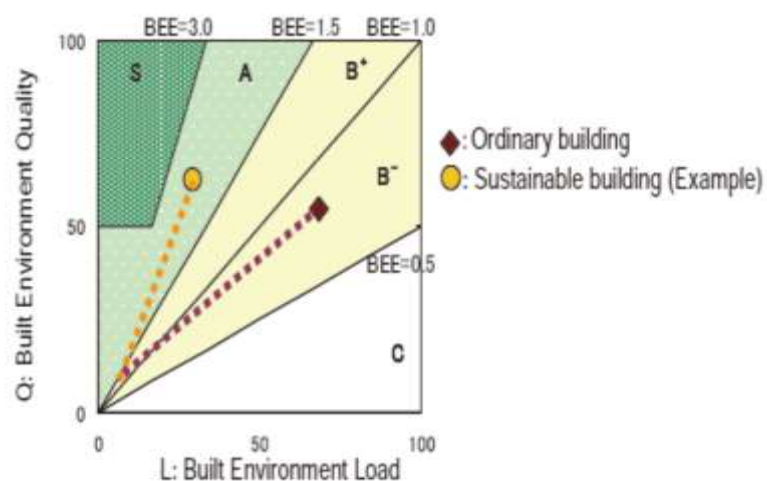
- **Numerador do BEE (Q):** Q1 – Ambiente interno, Q2 – Qualidade do Serviço e Q3 – Ambiente Externo (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION, 2024a*); e

- **Denominador do BEE (L):** L1 – Energia, L2 – Recursos e Materiais e L3 – Ambiente Externo (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION, 2024a*).

Os valores de *BEE* são representados em um gráfico em que *L* é traçado no eixo X e *Q* no eixo y. O resultado da avaliação do valor de *BEE* é expresso como o coeficiente angular da linha reta que passa pela origem (0,0). Quanto maior o valor de *Q* e quanto menor o valor de *L*, mais íngreme é o coeficiente angular e mais sustentável é o edifício. Com essa abordagem, torna-se possível apresentar graficamente os resultados de avaliações do ambiente construído usando áreas delimitadas por esses gradientes (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION, 2024a*).

A Figura 21 demonstra como os resultados da avaliação para edifícios podem ser classificados em um diagrama como classificação C (ruim), classificação B-, classificação B+, classificação A e classificação S (excelente), em ordem crescente de valor de *BEE* (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION, 2024a*).

Figura 21 – Rotulagem ambiental baseada na Eficiência do Ambiente Construído (*BEE*)



Fonte: *Institute for Building Environment and Energy Conservation (2024a)*.

Quanto às escalas e ferramentas existentes nas diferentes certificações *CASBEE*, destacam-se as ferramentas que podem ser aplicadas no contexto das obras de galpões industriais: *CASBEE for New Construction (CASBEE-NC)*, *CASBEE for Existing Buildings (CASBEE-EB)*; e *CASBEE for Renovation (CASBEE-RN)*.

As três ferramentas estão inclusas na Escala de Edifícios e suas versões mais recentes datam de 2014. Os detalhes de cada uma das ferramentas estão demonstrados a seguir:

- ***CASBEE for New Construction (CASBEE-NC)***: O *CASBEE-NC* é principalmente usado por arquitetos e engenheiros para aumentar o valor de *BEE* de um edifício durante o processo de design. Isso pode ser usado como uma ferramenta de suporte ao design, bem como uma autoverificação. Essa ferramenta, anteriormente chamada de ferramenta *DfE (Design for Environment)*, faz avaliações com base nas especificações de design e no desempenho previsto.

Projetos de reconstrução também são avaliados pelo *CASBEE-NC*. Em qualquer fase do Projeto Preliminar, Projeto de Execução ou na Conclusão da Construção, a qualidade ambiental, o desempenho do edifício e seu desempenho de redução de carga podem ser avaliados.

Cabe destacar que, como o desempenho ambiental e os critérios de pontuação mudam ao longo do tempo, os resultados das avaliações permanecem válidos apenas por três anos após a conclusão da construção (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION, 2024b, 2024d*);

- ***CASBEE for Existing Buildings (CASBEE-EB)***: O *CASBEE-EB* tem como alvo edifícios existentes com histórico operacional de pelo menos um ano após a conclusão. A ferramenta também foi desenvolvida para ser aplicável à avaliação do valor do ativo. Com esta ferramenta, o desempenho alcançado no momento da avaliação é verificado. O resultado é válido por cinco anos e deve

ser atualizado usando a versão mais recente da ferramenta de avaliação, pois a condição do edifício pode mudar ao longo do tempo.

Pode ser usado como uma ferramenta de rotulagem para declarar o desempenho ambiental dos edifícios. O *CASBEE-EB* também é utilizado para apoiar a manutenção de edifícios (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION*, 2024b, 2024d); e

- ***CASBEE for Renovation (CASBEE-RN)***: O *CASBEE-RN* foi projetado para avaliar o desempenho de edifícios existentes com base em especificações para renovação e desempenho previsto. Pode ser usado na renovação de edifícios existentes ou na apresentação de propostas para monitoramento da operação do edifício, comissionamento e designs de atualização com vista a projetos *ESCO* (Empresa de Serviços de Energia, do original *Energy Service Company*). É válido por três anos após a conclusão do trabalho de renovação, e a avaliação deve ser repetida com a versão mais recente do *CASBEE-RN* disponível. Esta ferramenta pode ser usada para avaliar o grau de melhoria do desempenho ambiental em relação ao nível anterior à renovação. O *CASBEE-RN* também pode avaliar a melhoria do desempenho específico em relação ao objetivo da renovação (*INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION*, 2024b, 2024d).

- f) ***iiSBE SBTtool (INTERNATIONAL INITIATIVE FOR A SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT, 2024)***: *Framework* genérico elaborado pela iiSBE (*International Initiative for a Sustainable Environment*) que permite avaliar o desempenho sustentável de edifícios e de projetos. Também pode ser considerado como um conjunto de ferramentas que auxilia organizações a desenvolver sistemas de classificação *SBTool* locais.

Esta estrutura possui utilizações diversas, como: (i) versões adaptadas como sistemas de classificação para atender regiões e tipos de edifícios específicos por terceiros autorizados; e (ii) ferramentas de visualização detalhada de requisitos de

sustentabilidade próprios definidos por proprietários e gestores de grandes portfólios de edifícios.

O sistema abrange uma ampla gama de questões voltadas à construção sustentável, podendo ser modificado para ser tão estreito ou amplo quanto desejado por quem o requisitou, variando de meia dúzia a mais de 100 critérios a serem analisados. *SBTool* leva em consideração fatores contextuais específicos da região e do local, e estes são utilizados para desconsiderar ou reduzir certos pesos, além de fornecer informações de fundo para todas as partes. A ponderação dos critérios possui somente um nível e pode ser parcialmente modificada por terceiros autorizados.

Além da possibilidade de inserção de critérios, o sistema também permite a inserção de idiomas locais e inclui etapas de processos relacionados a “Planos de Desenvolvimento Individuais – PDI”.

À medida que os documentos encontrados nos *websites* destas certificações eram lidos, cada particularidade encontrada foi sendo inserida na aba “Matriz – Certificações” da “Matriz Comparativa de Modelos de Gestão de RCC” já explicitada no Tópico 3.2.2.

3.2.6 Consolidação dos Dados Levantados

Finalizadas as etapas de leitura dos documentos encontrados durante as pesquisas de: (i) legislações federais; (ii) legislações estaduais; (iii) legislações municipais; (iv) legislações internacionais; (v) artigos acadêmicos encontrados pela RBS; e (vi) certificações ambientais, as principais particularidades encontradas foram avaliadas pelo autor para verificar possíveis erros no preenchimento das 6 abas da “Matriz Comparativa dos Modelos de Gestão de RCC”, como:

- Inserção de particularidade em abas erradas;
- Informações inseridas de forma incompleta;
- Releitura dos comentários inseridos em cada aba da planilha, tomando as procedências cabíveis dependendo da situação encontrada;

- Informações inseridas sem tradução em Língua Portuguesa (no caso de documentos em língua estrangeira), entre outras.

Além de verificar se há erros nas 6 abas da Matriz Comparativa, nesta etapa da Metodologia de Pesquisa também foram verificadas as informações relevantes inseridas na coluna “Comentários” da aba “Leituras e Anotações”, como figuras e ilustrações marcadas durante a leitura dos documentos pelo autor como “relevantes para o Tema de Pesquisa”.

Após a realização destas 2 atividades de verificação, as informações existentes em cada aba da Matriz Comparativa foram sintetizadas em uma aba denominada “Matriz – Consolidada”. Com a inserção de todas as particularidades encontradas nesta planilha, os resultados obtidos foram classificados de acordo com o código de cores e textos a seguir, considerando o grau de inovação da particularidade observada comparando-a com as legislações vigentes a nível federal em nosso país:

- **Irrelevante (Preenchimento branco, fonte preta/automática e em negrito):** Particularidade irrelevante para a ferramenta em elaboração;
- **Baixa (Preenchimento vermelho, fonte branca e em negrito):** Particularidade com baixa relevância para a ferramenta em elaboração;
- **Média (Preenchimento amarelo, fonte mostarda e em negrito):** Particularidade com média relevância para a ferramenta em elaboração; e
- **Alta (Preenchimento verde claro, fonte verde escura e em negrito):** Particularidade com alta relevância para a ferramenta em elaboração.

3.2.7 Comparação das Particularidades Encontradas

Com o término da etapa de Consolidação dos Dados Levantados, deu-se início a última etapa da Metodologia de Pesquisa antes da proposição da ferramenta de gerenciamento de RCC em si: a comparação entre as particularidades encontradas nos documentos estudados.

Nesta etapa, as particularidades classificadas como “de alta relevância para a ferramenta a ser elaborada” (na cor verde) durante a etapa anterior foram comparadas para se

entender quais particularidades podem ser aplicadas na gestão de resíduos da construção civil em canteiros de obras de galpões industriais em território nacional.

Além disso, por meio destas comparações, buscou-se apresentar um panorama geral da situação atual da gestão de resíduos da construção civil em canteiros de obras de galpões industriais no território nacional, evidenciando a disparidade existente entre os mecanismos de gestão de RCC encontrados e as Legislações vigentes a nível Federal em nosso país, assim como identificando lacunas de conhecimento e fragilidades apresentadas no tema estudado.

3.2.8 Proposição de Ferramenta de Gerenciamento de RCC em Canteiros de Obras de Galpões Industriais

Após a comparação realizada na etapa anterior, propôs-se uma ferramenta de gerenciamento de resíduos da construção civil baseado na aplicação de indicadores em canteiros de obras de galpões industriais, sugerindo mudanças no modelo vigente atualmente com base nas principais particularidades observadas durante a elaboração desta Dissertação.

4 RESULTADOS

4.1 RESULTADOS – MATRIZ COMPARATIVA DE MODELOS DE GESTÃO

Após a leitura dos documentos mencionados nas etapas 3.2.1, 3.2.3, 3.2.4 e 3.2.5, foram inseridos 699 registros (linhas da planilha). Os registros foram classificados de acordo com o critério demonstrado na seção 3.2.2, obtendo-se o resultado demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação dos Registros Obtidos na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão

Classificação do Registro	3.2.1a – Legislações Nacionais (Nível Federal)	3.2.1b – Legislações Nacionais (Nível Estadual)	3.2.1a – Legislações Nacionais (Nível Municipal)	3.2.3 – Legislações Internacionais	3.2.4 – Revisão Bibliográfica Sistemática	3.2.5 – Certificações Ambientais	Total
Irrelevante	132	0	0	0	0	7	139
Baixa Relevância	0	42	47	23	17	20	149
Média Relevância	0	37	40	77	36	38	228
Alta Relevância	0	24	33	66	57	3	183
Total	132	103	120	166	110	68	699

Fonte: Autor (2024).

Os resultados de “Alta Relevância” obtidos em cada uma das etapas mencionadas na Tabela 4 estão detalhados nas seções 4.2 a 4.7 a seguir.

4.2 RESULTADOS – NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL NACIONAL

Cabe destacar que os principais resultados obtidos durante a análise das legislações a nível federal foram inseridos na seção de “Revisão Bibliográfica” desta Dissertação, porém, com o intuito de se manter o padrão de preenchimento da Matriz Comparativa de Modelos de Gestão, os registros encontrados nos documentos analisados foram inseridos na matriz com a classificação “Irrelevante” para a proposição da ferramenta de gerenciamento de RCC em canteiros de obras de galpões industriais, uma vez que estes registros foram utilizados como ponto de partida desta Dissertação.

Quanto aos documentos estudados a nível estadual e municipal, os principais registros encontrados estão detalhados nas seções a seguir.

4.3 RESULTADOS – NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL ESTADUAL

4.3.1 Informações Gerais Obtidas das Legislações Estaduais

Por meio das pesquisas mencionadas na etapa 3.2.1, foram encontradas Normas, Legislações, Políticas e outros documentos estaduais sobre Resíduos da Construção Civil ou sobre Resíduos Sólidos em 24 das 27 Unidades da Federação. Os 3 estados para os quais não foram encontradas Políticas do tipo foram: Amapá, Minas Gerais e Piauí.

Após a leitura dos documentos encontrados nas 24 Unidades da Federação, foram inseridos 103 registros (linhas) na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão. Conforme já mencionado na seção 4.1, destes 103 registros, 24 foram classificados como “Relevância Alta”, os quais foram retirados dos documentos estudados que estão detalhados no Apêndice B e se referem aos estados descritos na sequência.

4.3.2 São Paulo

Pela análise do Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo de 2020, identificou-se como primeiro ponto relevante o destaque dado na seção 9.3.1 ao aproveitamento dos resíduos da construção no próprio canteiro de obras (SÃO PAULO, 2020).

De acordo com o Plano, realizar o aproveitamento no próprio canteiro de obras permite que os materiais que seriam descartados com um determinado custo financeiro e ambiental retornem em forma de materiais úteis, reduzindo assim a necessidade de retirada de novas matérias-primas do meio ambiente. Esta atividade de aproveitamento pode ser feita com a utilização de equipamentos móveis, os quais fazem a separação granulométrica da fração mineral dos resíduos, permitindo o aproveitamento dos agregados em suas diferentes granulometrias (SÃO PAULO, 2020).

O segundo ponto de destaque deste documento se refere à adoção de projetos que minimizem as perdas o máximo possível, reduzindo a quantidade de resíduos gerados no decorrer das obras (SÃO PAULO, 2020).

4.3.3 Distrito Federal

Pela análise do Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, de 2018, identificou-se que o Quadro 34 do documento (“Cenários PDGIRS para RCC”) possui uma Variável referente a “Informações Sistematizadas” (GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL, 2018).

De acordo com o documento, o cenário normativo desta variável consiste em dados quantitativos de geração, transporte e destinação final de RCC inseridos em sistemas de informação disponibilizados aos órgãos relacionados à gestão e fiscalização. Apesar de o documento demonstrar como cenário tendencial a manutenção da gestão sem controle efetivo dos quantitativos de RCC gerados no Distrito Federal, bem como dados de transportadores e destinação final, destaca-se o cenário possível informado: “Estabelecimento gradativo de procedimentos pontuais e/ou locais com quantitativos de RCC aterrados” (GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL, 2018).

Por mais que as informações sistematizadas demonstradas neste documento se refiram à gestão de RCC como um todo, não somente aos deveres dos geradores, entende-se que a utilização de informações sistematizadas de geração, transporte e destinação final de resíduos da construção civil possa gerar benefícios para todas as partes envolvidas no processo (GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL, 2018).

4.3.4 Particularidades de Gestão Macro de RCC encontradas nas Políticas Estaduais

Além das particularidades mencionadas anteriormente, também foram inclusos na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão registros relevantes referentes à Gestão Macro de Resíduos da Construção Civil, ou seja, ações a serem realizadas por estados e municípios que, num primeiro momento, não interferem nas atividades que devem ser executadas nos canteiros de obras de galpões industriais, mas, a longo prazo, podem trazer benefícios para a gestão de

RCC como um todo, gerando alterações relevantes na forma de realizar o gerenciamento de resíduos da construção civil por parte dos geradores.

A primeira particularidade relevante de gestão macro de RCC se refere à criação de Sistemas Estaduais e Municipais/Regionais de Gerenciamento Online de Resíduos da Construção Civil por parte das Prefeituras Municipais e dos Governos estaduais.

De acordo com a seção 5.1 do Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo de 2020, no estado de São Paulo, a CETESB e a SIMA, em parceria com o SindusCon-SP desenvolveram o Sigor (Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos) – Módulo Construção Civil, que tem como objetivo gerenciar as informações referentes aos fluxos de resíduos da construção civil no Estado desde sua geração até destinação final ambientalmente adequada (SÃO PAULO, 2020).

No sistema é possível executar atividades como: (i) a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGR) pelos geradores de RCC; (ii) sua aprovação (ou rejeição) pela Prefeitura e/ou CETESB; e (iii) emissão e gerenciamento do Controle de Transporte de Resíduos (CTR), registrando cada etapa do transporte dos RCC, da saída da obra à destinação ambientalmente adequada (SÃO PAULO, 2020).

Os usuários do sistema são os geradores, transportadores, as empresas responsáveis por áreas de destinação de RCC, bem como as Prefeituras e a CETESB. O sistema também permite a consulta à legislação pertinente municipal, estadual e federal e a extração de relatórios gerenciais (SÃO PAULO, 2020).

A correta utilização deste sistema assegura que os resíduos gerados sejam transportados por empresas cadastradas e legalizadas, assim como destinados a locais devidamente licenciados. Com isso, evita-se que os RCC sejam dispostos de forma inadequada e se promove a reciclagem desses resíduos (SÃO PAULO, 2020).

Já em relação às Prefeituras, tais benefícios refletem-se no aumento do volume de RCC que chega às usinas de reciclagem, permitindo utilizar o agregado reciclado para produzir artefatos e para pavimentação de estradas, bem como na economia de recursos que seriam

utilizados para retirar o entulho disposto em locais inadequados, o que permite que tais recursos sejam investidos em outras ações importantes para o município (SÃO PAULO, 2020).

O sistema é disponibilizado gratuitamente pela CETESB para as prefeituras e está sendo implantado de forma gradual nos municípios do estado de São Paulo, com os municípios de Santos, São José do Rio Preto, Catanduva, Sertãozinho e Bertioga utilizando o sistema desde 2019. O sistema também pode ser utilizado em experiências regionais, como vem sendo utilizado por municípios da Baixada Santista desde final de 2019 (SÃO PAULO, 2020).

O primeiro município a utilizar o sistema foi São José do Rio Preto, que iniciou sua implementação em 2017. A utilização do Sigor na cidade teve um papel fundamental para o seu avanço na gestão de Resíduos da Construção Civil (RCC) que, em conjunto com outras ações importantes ao longo dos últimos anos, como: (i) trabalhos de educação ambiental; (ii) fiscalização rigorosa com drones; (iii) aplicação de multas por descartes irregulares; e (iv) instalação de pontos de apoio em locais estratégicos do território; conseguiu alcançar melhorias significativas, principalmente em relação à deposição irregular de entulho e bota-fora (SÃO PAULO, 2020).

Cabe destacar que a aplicação de multas ou punições para empresas que disponham RCC em áreas não licenciadas em todo o território nacional também é destacada no Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Sergipe, de 2014, o qual também informa que a Prefeitura de Aracaju não possuía tal aplicação no momento de elaboração do Plano (GOVERNO DO ESTADO DE SERGIPE, 2014).

Por conta das boas iniciativas tomadas tanto na gestão dos resíduos da construção como também na de resíduos em geral, constantemente São José do Rio Preto atende municípios interessados em implementar o Sigor e as boas práticas adotadas. No ano de 2019 a cidade contou com cerca de 5.700 CTR – Controle de Transporte de Resíduos emitidos pelo sistema, aproximadamente 2.000 usuários cadastros e 2.700 m³ de RCC destinados adequadamente (SÃO PAULO, 2020).

A iniciativa de utilizar sistemas de informação para auxiliar no gerenciamento dos resíduos da construção civil também está presente nas seguintes legislações:

- Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul, de 2014 (com enfoque nas áreas de disposição irregular de RCC) (GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2014);
- Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná, de 2018 (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2018);
- Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, de 2018 (GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL, 2018);
- Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Espírito Santo, de 2019 (SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2019); e
- Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Mato Grosso, de 2022 (Tomo I) (MODESTO FILHO; LIMA; SILVA, 2022).

Destas cinco legislações, o Plano Distrital menciona a importância de inserção de dados quantitativos de geração, transporte e destinação final de RCC em sistemas de informação disponibilizados aos órgãos relacionados à gestão e fiscalização das Prefeituras e Governos estaduais (GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL, 2018).

Além do Sigor, considerando a instituição pelo Ministério do Meio Ambiente do Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR Nacional, por meio da Portaria MMA no 280 de 29 de junho de 2020, a CETESB está desenvolvendo um sistema que terá como uma das funções gerenciar os MTR emitidos, adaptando-os às particularidades do Estado de São Paulo, com o intuito de atender todas as normas e legislações vigentes, incluindo a integração com o MTR Nacional (SÃO PAULO, 2020).

O Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo também menciona que, no âmbito municipal, a Prefeitura de São Paulo possui uma iniciativa de rastreamento dos seus resíduos da construção desde o gerador até a unidade de destinação, por meio do Controle de Transporte de Resíduos (CTR) em formato eletrônico. Este sistema permite maior facilidade nas emissões do CTR e a possibilidade de o gerador verificar a destinação de seus resíduos, bem como uma atuação mais efetiva no monitoramento e na fiscalização por parte do órgão municipal, minimizando o seu descarte irregular. Outros municípios no estado também

possuem iniciativas de utilização de sistemas informatizados visando o monitoramento e a fiscalização do fluxo de RCC, tais como São José dos Campos e Jundiaí (SÃO PAULO, 2020).

Outro ponto de destaque no Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo consiste no incentivo à divulgação dos conhecimentos já disponíveis sobre o assunto, além de promover pesquisas e o desenvolvimento de projetos e produtos para a minimização, reutilização e reciclagem de RCC, buscando-se a economia circular e contando com a participação do meio acadêmico e da Indústria da Construção Civil no processo (SÃO PAULO, 2020).

Também ganham destaque nos documentos estudados ações de incentivo ao reaproveitamento econômico dos resíduos da construção civil feitas pelas Prefeituras e Governos Estaduais, conforme demonstrado no Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado da Paraíba, de 2009. De acordo com a Diretriz 2 da Seção 13.1.9 (“Incentivo ao Reaproveitamento Econômico dos Resíduos da Construção Civil”), tal ação poderia ser feita pela priorização da utilização de materiais reciclados e reutilizados de RCC nas obras e empreendimentos dos governos estadual e municipal, bem como em compras públicas (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 2014).

Outra forma de incentivar tal reaproveitamento se refere a assegurar e fomentar um mercado fixo para os agregados reciclados por meio de legislação específica que estabeleça incentivos econômicos voltados ao seu processamento e reutilização. O Plano Estadual menciona que tal ação deve ser feita, uma vez que a solução para o problema do manejo dos resíduos da construção civil deve passar pela criação de estímulos para os setores envolvidos, fazendo com que a não geração (principalmente por parte das grandes empresas de construção), a reciclagem e a reutilização dos RCC se transformem em negócios rentáveis (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 2014).

Já o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Rondônia, de 2020, demonstra a importância da realização de inventário estadual sobre o panorama dos RCC, com revisões a cada 4 anos, nos estados e a implantação de sistema declaratório anual para prestação obrigatória de informações por parte dos grandes geradores de RCC e empresas responsáveis pela coleta e destinação final (GOVERNO DO ESTADO DE RONDÔNIA, 2020).

Em um sentido parecido ao Plano Estadual de Rondônia, o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul, de 2014, tem como metas a elaboração de diagnóstico quantitativo e qualitativo da geração, coleta e destinação dos RCC e a instituição de sistema declaratório anual de RCC para geradores, transportadores e áreas de destinação final (GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Quanto a ações de fiscalização, o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná, de 2018, em seu Quadro 52, destaca a importância de ações de fiscalização, por meio de projetos atualizados anualmente, planejamento e programação, priorizando-se as tipologias de empresas, regiões, e, eventualmente, empreendimentos específicos mais importantes com base em informações a serem analisadas conjuntamente pela Coordenadoria de Resíduos Sólidos (CRES) e pelo Departamento de Fiscalização de Resíduos Sólidos (DFRS), as quais serão geradas levando em conta: (i) os dados do Sistema Estadual de Informações sobre Resíduos Sólidos (SEIRS), considerando os sistemas que já estiverem em operação; (ii) dados do Sistema de Movimentação de Resíduos e do próprio Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

Neste sentido, o Plano Estadual menciona que empreendimentos que não respondam aos sistemas do estado (SEIRS) deverão ser priorizados dentro dessas análises (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2018).

4.4 RESULTADOS – NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL MUNICIPAL

4.4.1 Informações Gerais Obtidas das Legislações Municipais

Por meio das pesquisas mencionadas na etapa 3.2.1, foram encontradas Normas, Legislações, Políticas e outros documentos municipais ou regionais sobre Resíduos da Construção Civil ou sobre Resíduos Sólidos em 19 das 20 cidades mais populosas do país. A cidade para a qual não foram encontradas Políticas do tipo foi: Salvador – BA.

Após a leitura dos documentos encontrados em 19 das 20 cidades mais populosas do país, foram inseridos 120 registros (linhas) na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão. Conforme já mencionado na seção 4.1, destes 120 registros, 33 foram classificados como

“Relevância Alta”, os quais foram retirados dos documentos estudados que estão detalhados no Apêndice C e se referem aos municípios descritos a seguir.

4.4.2 Belo Horizonte – MG

A primeira legislação municipal com pontos relevantes encontrados consiste no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte, de 2017. O documento demonstra prioridades para os resíduos de construção civil e volumosos (RCCV) incluídas no Plano Metropolitano de resíduos sólidos de saúde (RSS) e RCCV. Dentre elas, destacam-se as metas “promover a redução da geração de RCCV, em obras públicas e empreendimentos privados de médio e grande porte, no mínimo, de 5%, até 2020”, e “de 10%, até 2030”, tendo como referência os anos base de 2016/2017 (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b).

Esta meta se destaca neste contexto por quantificar as porcentagens de redução de geração, e de promoção de reutilização e reciclagem de RCC em canteiros de obras públicos e privados na Região Metropolitana de Belo Horizonte, o que não foi identificado nos demais documentos estudados (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b).

Além destas metas, o Plano Municipal de Belo Horizonte também menciona a importância da segregação dos resíduos no próprio canteiro de obras (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b).

4.4.3 Guarulhos – SP

O primeiro ponto de destaque encontrado no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Guarulhos, de 2013, refere-se à parte das informações mínimas que devem constar em planos de gerenciamento de resíduos sólidos no município, sendo eles:

- Movimentação interna dos resíduos (tipo de resíduos, dia e hora de entrada e saída, quantidade, local de estocagem temporária, tipo de transporte e destinação final);
- Plano de gerenciamento com o programa de redução da geração na fonte;
- Tipos de acondicionamento, manuseio e armazenamento interno dos resíduos;
- Coleta, transporte interno e pré-tratamento dos resíduos;

- Plano de contingência e emergência, de melhorias e ações corretivas;
- Compartilhamento de soluções com outras empresas;
- Processo de mobilização dos servidores e educação ambiental; e
- Importância dos indicadores na contratação da prestação dos serviços (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARULHOS, 2013).

Além disso, o Plano também demonstra a importância de se incentivar as empresas à incorporação nos canteiros de obras de áreas e instalações para separação e processamento dos RCC. Deverão ainda ser incorporados equipamentos de segregação e reciclagem dos resíduos no inventário de estruturação do canteiro (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARULHOS, 2013).

4.4.4 São Paulo – SP

O primeiro ponto relevante no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo, de 2014, consiste na menção às demolições seletivas em obras pela cidade como exemplo de gestão qualificada de RCC.

Segundo a Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras – SIURB, a utilização desta metodologia de demolição ao invés de explosões, diminui os custos das atividades de demolição, além de possibilitar a utilização dos agregados reciclados em pavimentações de via. Ao reaproveitar o entulho gerado pelas demolições seletivas, o custo da brita oriunda da reciclagem dos resíduos é em torno de 30% menor que o material natural (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014).

Outro ponto de destaque apresentado no documento consiste na relevância dada à máxima segregação de resíduos nas fontes geradoras e sua valorização, buscando o incentivo à retenção de resíduos nos próprios locais de geração (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014).

4.4.5 Particularidades de Gestão Macro de RCC encontradas nas Políticas Municipais

Além das particularidades mencionadas anteriormente, assim como foi feito com a análise dos documentos relacionados à gestão de resíduos da construção a nível estadual, também foram inclusos registros relevantes referentes à Gestão Macro de Resíduos da Construção Civil na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão.

A primeira particularidade encontrada se refere ao desenvolvimento de atividades curriculares em escolas, principalmente na área de Educação Artística, por parte das Secretarias Municipais de Educação, com o intuito de proporcionar o reaproveitamento de parte dos resíduos sólidos, transformando-os em arte nas escolas, conforme demonstra o § 3º do artigo 73 da Lei nº 9.656, de 30 de Dezembro de 2020, a qual “Institui a Política Municipal de Saneamento Básico do Município de Belém, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), e o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS)” no município de Belém - PA (BELÉM, 2020).

Por mais que este trecho da Lei esteja voltado a resíduos sólidos como um todo, entende-se que há a possibilidade de aplicação desta característica na gestão de resíduos da construção civil de classe C, ou seja, resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias e/ou aplicações economicamente viáveis para sua recuperação.

Já o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Goiânia, de 2014, demonstra que uma das estratégias para Diretriz “Disciplinar ação de Gerenciamento de resíduos de Construção, com respectivas advertências e multas para o descumprimento” é promover o incentivo às construtoras, como, por exemplo, o selo verde emitido pelo SindusCon (Sindicato da Indústria da Construção Civil), para as empresas que gerenciam desperdícios e promovem a reutilização deste resíduo (FRAL CONSULTORIA, 2014).

Já em relação aos documentos aplicáveis em Belo Horizonte – MG, além da meta já mencionada na seção 4.4.2, o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da cidade também apresenta a seguinte meta relacionada à gestão macro de RCC: promover a reutilização e reciclagem de RCC em todos os municípios, com o mínimo de 20% de resíduos

de Classe A reciclados, em 2020, e 30%, em 2030, tendo como referência os anos base de 2016/2017 (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b).

Além desta meta, o documento também menciona que ações de incentivo, inclusive fiscais, para o emprego de tecnologias de reutilização e reciclagem de RCCV nos empreendimentos, assim como a criação de mecanismos para priorização da reutilização e a reciclagem de RCCV nas compras, obras e empreendimentos públicos e privados também são destacadas no Plano de Gestão Integrada de Belo Horizonte. Além disso, tal plano também destaca a importância de atendimento obrigatório de um percentual mínimo de utilização de materiais reciclados, o qual deve ser estipulado pelas Prefeituras Municipais (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b).

Outras informações relevantes sobre a gestão macro de RCC foram encontradas no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Campinas, de 2012. De acordo com a seção IV.3.4 do documento, uma das metas da Diretriz “Regularizar a situação destes resíduos, conforme determina a RESOLUÇÃO CONAMA 307/2002” consiste na Implementação de gerenciamento da Unidade de Reciclagem de Materiais (URM). Inseridas nesta meta estão ações interessantes que poderiam ser aplicadas em outros municípios do país como (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 2012):

- Receber somente resíduos da construção civil das classes A e B quando devidamente separados;
- Fiscalização visual na entrada e na descarga dos resíduos; e
- Devolução de desconformidades ao gerador / agente de transporte, com as devidas justificativas (relatório fotográfico).

Já em relação ao Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo, a primeira informação relevante macro apresentada no documento consiste na responsabilidade dos comerciantes de materiais de construção civil em informar aos seus clientes a localização dos Ecopontos mais próximos dos canteiros de obras (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014).

Também se destaca neste documento a menção à criação de canteiros ajardinados em antigos locais de deposições irregulares de RCC como iniciativas bem sucedidas de gestão de resíduos da construção civil, neste caso, focadas na reabilitação de pontos viciados em áreas de jardinagem ou com plantio de flores. O Plano também destaca exemplos de atuações conjuntas entre empresas e escolas, transformando a atividade em práticas recreativas e educativas de forma que a área restaurada e limpa passe a ser utilizada (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014).

Outra boa prática macro de gestão de resíduos da construção civil encontrada neste Plano se refere a uma maior qualificação das equipes de Limpeza Urbana dos municípios. Esta qualificação pode ser feita por meio de uma reformulação dos procedimentos de coleta manual e mecanizada com segregação de três frações de resíduos nos próprios locais de deposição irregular e sua condução a destinos adequados: resíduos comuns / domiciliares, resíduos volumosos e resíduos da construção civil trituráveis (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014).

Além dos pontos mencionados anteriormente, o Plano de Gestão Integrada em questão também propõe programas, projetos e ações que podem aprimorar a gestão macro de RCC, não somente no município de São Paulo, como também em outros municípios do país, sendo eles:

- Elaborar Guia para Manejo Diferenciado de RCC classe A e classe B visando recuperação e valorização máxima dos resíduos, abordando processos, produção de artefatos, procedimentos e normas;
- Promover Chamamento Público para fornecedores de agregados reciclados no Município e Região Metropolitana;
- Criar Banco de Agregados Recicláveis, com a contribuição de transportadores e recicladores apoiado nos dados de um Plano de Fluxos de materiais;
- Criar rede de comunicação digital interativa para troca de informações e roteiros de recicladores; transportadores; transbordos etc.;
- Estabelecer grupo técnico para análise do tema fiscal e tributário na cadeia do RCC e definição de proposições para ajustes das cargas incidentes;

- Promover encontros com municípios da Região Metropolitana para troca de experiências, parcerias e arranjos regionais de gestão com relação: às áreas de manejo; usinas de reciclagem; acordos de circulação de cargas, mapeamento e licenciamento de destinos. Esta questão também foi identificada no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014; PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b).

Além dos pontos em comum com o Plano de Gestão Integrada de São Paulo, o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte também destaca a importância em se estimular e fiscalizar as ações relativas à logística reversa de RCC, principalmente em relação aos grandes geradores (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b).

Além dos pontos mencionados anteriormente, cabe destacar que os documentos municipais estudados também apresentaram particularidades já encontradas durante a análise das legislações estaduais, como:

- Utilização de sistemas de informação para auxiliar no gerenciamento dos resíduos da construção civil (SÃO LUÍS, 2006; PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 2012; FRAL CONSULTORIA, 2014; PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014; PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b);
- Inventário/diagnóstico quantitativo e qualitativo dos resíduos da construção civil a cada 4 anos (FRAL CONSULTORIA, 2014; PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b);
- Acompanhamento por drones e sistema georreferenciado de áreas com disposições irregulares de resíduos (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014; PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b);
- Incentivos ao reaproveitamento econômico dos RCC (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b);

- Implementação de ações/programas de educação ambiental para os atores públicos, privados e da sociedade civil envolvidos com a gestão e gerenciamento de RCC (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b);
- Incentivos à divulgação dos conhecimentos já disponíveis sobre o assunto, além de promover pesquisas e o desenvolvimento de projetos e produtos para a minimização, reutilização e reciclagem de RCC (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014; PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b);
- Promover o desenvolvimento do mercado de agregado reciclado no município e região (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b); e
- Contribuir na divulgação das boas práticas de gerenciamento de RCCV, dos transportadores e das áreas receptoras licenciadas (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017b).

4.5 RESULTADOS – NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL INTERNACIONAL

Por meio das pesquisas mencionadas na etapa 3.2.3 desta Dissertação, foram encontradas Normas, Legislações, Políticas e outros documentos internacionais sobre Resíduos da Construção Civil ou sobre Resíduos Sólidos em todos os 29 países pesquisados.

A lista de documentos estudados a nível internacional que foram inclusos na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão está detalhada no Apêndice D. A seguir estão os principais resultados obtidos – ou seja, aqueles classificados como de “alta relevância” para a ferramenta de gerenciamento de RCC em canteiros de obras de galpões industriais – pela leitura destes documentos.

Porém, cabe destacar que, dentre os documentos encontrados, há legislações que não puderam ser traduzidas por estarem escritas em ideogramas na língua nativa dos países, sendo elas as Políticas de Gestão de Resíduos de Bangladesh e do Egito.

Após a leitura dos documentos encontrados nos 29 países, foram inseridos 166 registros (linhas) na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão. Conforme já mencionado na seção 4.1, destes 166 registros, 66 foram classificados como “Relevância Alta”, os quais foram

retirados dos documentos estudados que estão detalhados no Apêndice D, e se referem aos países descritos a seguir.

4.5.1 Estados Unidos

Em relação à gestão de RCC nos Estados Unidos, ganham destaque dois documentos: “*EPA - RCRA in Focus - Construction Demolition and Renovation*”, de 2004 e “*Construction & Demolition Waste Management Region 8 Sustainability & Environmental Management System*”, de 2012.

O primeiro documento apresenta práticas relevantes de gestão de RCC divididas em 5 temas: (i) desmontagem e reutilização; (ii) reutilização/restauração/doação; (iii) reciclagem; (iv) prevenção de poluição; e (v) compra verde. Os principais pontos mencionados em cada um destes temas estão descritos a seguir:

- **Reutilização/Restauração/Doação:** Componentes funcionais de construção ou arquitetura, além de materiais de sucata, muitas vezes podem ser reutilizados ou restaurados. Alguns itens podem ser usados pela sua empresa em seu próximo projeto de construção, enquanto outros itens podem ser vendidos para lojas de materiais de construção usados, bolsas de troca de materiais arquitetônicos salvos de alta qualidade, distribuidores de madeira recuperada, recicladores de sucata, proprietários individuais, bolsas de resíduos ou outros pontos de venda. Neste sentido, o documento considera importante as empresas colocarem anúncios nos jornais locais sobre materiais de sucata em excesso. Caso não seja possível vender os itens salvos, alguns deles podem ser doados para economizar dinheiro no descarte (*UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2004*); e
- **Reciclagem:** Alguns materiais podem ser vendidos para empresas de reciclagem de sucata ou através de bolsas de material. No caso de materiais recicláveis, é importante classificar os materiais conforme sua geração para maximizar sua reciclabilidade e reutilização. Esta prática está se tornando cada vez mais eficiente em termos de custo à medida que os custos de processamento e descarte aumentam.

Além disso, o documento destaca a importância de se certificar quanto à prevenção de contaminação dos materiais recicláveis por componentes perigosos (*UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY*, 2004).

Já o segundo documento referente à gestão de RCC nos EUA descreve procedimentos padronizados que devem ser feitos pelos gerentes de projeto para garantir uma gestão adequada de resíduos da construção civil em seus canteiros de obras, conforme se segue:

- Realizar inspeção Pré-Demolição conforme "Procedimento Ambiental de Inspeção Pré-Demolição da GSA para a Região 8" (*GENERAL SERVICES ADMINISTRATION*, 2012);
- Realizar pesquisa de mercado para reciclagem dos RCC gerados durante a obra revisando opções de reciclagem (*GENERAL SERVICES ADMINISTRATION*, 2012);
- Documentar as ações tomadas para localizar um centro de reciclagem, caso nenhum centro de reciclagem seja encontrado (*GENERAL SERVICES ADMINISTRATION*, 2012);
- Incluir especificações e requisitos de documentação nos documentos de licitação (*GENERAL SERVICES ADMINISTRATION*, 2012);
- Tratar, se necessário, para tornar o material um subproduto utilizável (*GENERAL SERVICES ADMINISTRATION*, 2012);
- Incluir manifestos e etiquetas de peso nos documentos do projeto (*GENERAL SERVICES ADMINISTRATION*, 2012);
- Caso uma quantidade substancial de resíduos secundários (por exemplo, embalagens, material excedente, resíduos de tinta, etc.) for gerada, considerar a reciclagem (papelão, materiais excedentes) e minimização de resíduos (tinta à base de óleo) (*GENERAL SERVICES ADMINISTRATION*, 2012); e
- Obter do Contratante a quantidade de material reciclado ou reutilizado do total de material descartado. Isso deve ocorrer antes do final do projeto e precisa ser registrado no banco de dados do Sistema de Gerenciamento de RCC, caso este exista (*GENERAL SERVICES ADMINISTRATION*, 2012).

4.5.2 Canadá

Dentre os documentos analisados está o “*Exhibition Place - Construction Waste Management Plan (CWMP)*”, de 2012, referente ao contexto canadense. Neste documento são descritas estratégias para melhorar a gestão de resíduos da construção civil em 7 áreas: (i) redução; (ii) embalagens; (iii) mercadorias danificadas; (iv) armazenamento no local; (v) seleção de fornecedores; (vi) reutilização/recuperação; e (vii) reciclagem. Dentre as estratégias mencionadas no documento destacam-se as descritas a seguir:

- **Embalagens:** Segundo o documento, a primeira, e talvez a mais eficaz, área para redução de resíduos é a embalagem. Os empreiteiros (incluindo subcontratados) podem considerar uma cláusula de "devolução de embalagens" nos contratos de compra, solicitando que a embalagem do produto seja eliminada ou, pelo menos, devolvida ao fornecedor. Da mesma forma, os produtos podem ser comprados em grandes quantidades para eliminar o aumento de resíduos associados à embalagem individual. Esse método também pode reduzir o custo total do material (*EXHIBITION PLACE*, 2012);
- **Mercadorias Danificadas:** Segundo a legislação estudada os resíduos gerados por mercadorias danificadas são a segunda área para redução de resíduos. Imediatamente após o recebimento dos fornecedores, os empreiteiros devem inspecionar os envios de material. Todas as mercadorias danificadas descobertas devem ser imediatamente devolvidas ao fornecedor. Isso incentivará os fornecedores a manusear os materiais com mais cuidado, resultando em menos resíduos provenientes de materiais danificados (*EXHIBITION PLACE*, 2012);
- **Armazenamento no Local:** O armazenamento de materiais no local é de importância semelhante. Armazenar materiais em uma superfície nivelada elevada acima do solo e protegida dos elementos e do tráfego diário pode reduzir significativamente a quantidade de materiais danificados no local. Do ponto de vista do empreiteiro, essas abordagens também reduzirão os custos adicionais gastos na substituição de materiais danificados (*EXHIBITION PLACE*, 2012);

- **Seleção de Fornecedores:** Outra opção para redução de resíduos é dar preferência a fornecedores que ofereçam créditos de devolução para materiais não utilizados. O uso de elementos pré-fabricados também reduzirá a quantidade de resíduos gerados no local. Além disso, podem surgir oportunidades para incorporar componentes de construção existentes no novo projeto. O Coordenador de Projetos deve estar receptivo a essas situações para garantir que a quantidade de resíduos gerados seja mantida no mínimo possível (*EXHIBITION PLACE*, 2012);
- **Reutilização e Recuperação:** A reutilização e recuperação de materiais em um novo local de construção devem ser, práticas comuns, como: (i) pontes, blocos e pilhas de formas feitos de sobras; (ii) reuso de formas em projetos distintos, após limpeza e desmontagem dos materiais; e (iii) isolamento exterior excedente utilizado em paredes internas como isolamento acústico. O Coordenador de Projetos deve considerar a reutilização e recuperação como um meio de economizar dinheiro e, como tal, deve explorar totalmente seu potencial (*EXHIBITION PLACE*, 2012); e
- **Reciclagem:** Uma ampla gama de materiais de resíduos gerados durante o curso da construção tem potencial para ser reciclada. Os custos associados à reciclagem variarão com o local e o material, mas frequentemente resultarão em custos de eliminação reduzidos. Aço e alumínio podem gerar receitas, carpetes e placas de teto podem não ter custos associados, e outros materiais, como gesso, podem simplesmente resultar em taxas de descarga reduzidas. Além disso, o documento menciona que a reciclagem deve ser maximizada pelo empreiteiro geral para atender com sucesso aos objetivos de gerenciamento de resíduos do projeto, e especificamente, ao desvio de 75% dos resíduos de aterros sanitários. A “Planilha de Desvio de Resíduos” deve ser usada para identificar materiais com potencial de reciclagem e o empreiteiro geral deve revisar esses materiais e explorar opções para cada um (*EXHIBITION PLACE*, 2012).

4.5.3 Coreia do Sul

Já na Coreia do Sul, a “Lei de Promoção da Reciclagem de Resíduos de Construção” (do original *Construction Waste Recycling Promotion Act*), de 2019, possui um artigo referente aos contratantes privados de projetos de construção. De acordo com o documento tais pessoas e/ou empresas devem apropriar no custo da construção as despesas incorridas na desmontagem separada, descarga segregada, armazenamento, disposição, reciclagem, dentre outras atividades envolvendo RCC gerados a partir das obras, além de especificar questões necessárias para reciclagem no contrato escrito, incluindo especificações de construção (*STATUTES OF THE REPUBLIC OF KOREA*, 2019).

4.5.4 Itália

Identificou-se que no território italiano são executadas diferentes ações de recuperação de resíduos, de acordo com a diretiva da União Europeia 2008/98/CE e o Decreto Legislativo nº 205/2010. Exemplos das práticas de recuperação utilizadas na Itália são (UNIÃO EUROPEIA, 2008; ITALIA, 2010):

- Uso de resíduos como combustíveis ou outros meios de geração de energia;
- Regeneração/recuperação de solventes;
- Reciclagem/recuperação de substâncias orgânicas não utilizadas como solventes (incluindo operações de compostagem e outros processos de transformação biológica);
- Regeneração de ácidos ou bases;
- Recuperação de componentes usados para abatimento de poluição;
- Recuperação de componentes de catalisadores;
- Refino ou outras reutilizações de óleos; e
- Tratamento do solo em benefício da agricultura ou melhoria ecológica.

4.5.5 China

Analisando os documentos referentes à gestão de RCC na China, destacaram-se os 4 resultados do “Relatório do Consultor de Assistência Técnica - Gestão e Reciclagem de

Resíduos da construção civil” (do original *Technical Assistance Consultant's Report - Construction and Demolition Waste Management and Recycling*) obtidos pelo Banco Asiático de Desenvolvimento (do original *Asian Development Bank – ADB*) em 2018. Cada um dos resultados em questão possui um tema distinto, conforme se segue:

- Resultado 1: Avaliação sobre a Gestão e Reciclagem de Resíduos da construção civil na RPC (República Popular da China);
- Resultado 2: Práticas Internacionais de Referência na Gestão e Reciclagem de Resíduos da construção civil;
- Resultado 3: Recomendações de Políticas para a Regulamentação da Gestão de Resíduos da construção civil e para a Promoção da Reciclagem desses Resíduos; e
- Resultado 4: Relatório Sintético.

Dos 4 resultados destacam-se os resultados de números 2 e 4. Como o resultado 2 apresenta dados de RCC mais voltados à gestão macro de RCC, suas informações estão incluídas na seção 4.5.7 desta Dissertação.

Já em relação ao resultado 4 – Relatório Sintético, o documento demonstra ações de gerenciamento de RCC durante todo o ciclo de vida de um projeto. De acordo com este relatório, os países que já estão alcançando níveis relativamente altos de desvio de aterro para RCC estão cada vez mais direcionando sua atenção para melhorar o padrão de reciclagem (com a utilização de materiais reciclados para aplicações de maior valor agregado, como usar agregado reciclado em concreto estrutural) e minimizar os resíduos de construção na fonte, por exemplo, projetando a eliminação de resíduos e melhor gerenciamento no local dos materiais (*ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2018d*).

Embora seja importante fornecer soluções eficazes de "ponta de tubo" para a reciclagem de RCC, existem medidas para reduzir as quantidades e aumentar a taxa de reciclagem de RCC que podem ser adotadas em todas as etapas do ciclo de construção. Isso inclui emitir orientações práticas para a indústria da construção sobre como gerenciar RCC em todas as etapas do ciclo do projeto, seguindo os princípios de "reduzir-reutilizar-reciclar" (também conhecido como "3R"). Neste sentido, o conselho da publicação "Alcançando a Boa Prática de Minimização e Gerenciamento de Resíduos" da *WRAP* (organização financiada pelo

governo no Reino Unido que realizou um programa ativo de desenvolvimento de orientações para o setor da construção entre 2000 e 2015) apresenta uma série de ações de minimização de RCC divididas nas diferentes etapas do projeto, conforme se segue (WRAP, [s.d.]):

- **Soluções de Projeto:**

- a) **Fôrmas do edifício:** projetar tamanho e espaço dos edifícios pensando em eliminar elementos desnecessários e reduzir os cortes resultantes do processo de construção, garantindo compatibilidade entre oferta de mercado e especificação;
- b) **Flexibilidade de design:** garantir flexibilidade no design para futura expansão, adaptação e desmontagem do edifício;
- c) **Complexidade de design:** reduzir a complexidade do design para padronizar o processo de construção e reduzir a quantidade de materiais necessários; e
- d) **Especificações:** evitar “superespecificações” e minimizar variações em componentes e juntas, além de avaliar as oportunidades de reutilização e reciclagem dos materiais especificados antes da especificação.

- **Logística:**

- a) **Plano Logístico:** o desenvolvimento de um plano logístico nas primeiras etapas do projeto garante que seja dada devida consideração aos requisitos de materiais ao longo da fase de construção do projeto, permitindo o gerenciamento eficiente da entrega e que os métodos logísticos mais eficazes sejam adotados;
- b) **Entrega "just-in-time":** melhorar o movimento de materiais para o local e dentro do local para aliviar as restrições de espaço para armazenamento e congestão no canteiro;

- c) **Centros de Consolidação de Construção:** estes centros proporcionam soluções eficazes de gerenciamento da cadeia de suprimentos, permitindo o fluxo seguro e eficiente de materiais e equipamentos de construção do fornecedor para o local;
 - d) **Métodos Modernos de Construção (MMC):** melhorias nos produtos ou processos empregados na indústria da construção, as quais vão desde componentes inovadores a serem utilizados no local até sistemas de construção completos fabricados fora do local; e
 - e) **Manufatura Fora do Local:** utilizar a pré-fabricação, montagem em fábrica, pré-montagem, montagem/manufatura fora do local, construção volumétrica modular ou panelizada onde possível (como em escadas, conjuntos de elevadores, estruturas de aço arquitetônico e blocos de banheiros para hotéis, prisões e alojamentos estudantis). A minimização de resíduos é realizada devido ao ambiente controlado e ao processo tipo "linha de produção" onde há repetibilidade na construção.
- **Aquisição de Materiais:**
 - a) **Pedido de materiais:** reduzir a quantidade de materiais excedentes pedindo a quantidade correta de materiais no momento certo;
 - b) **Armazenamento de materiais:** as áreas de armazenamento de materiais devem ser seguras, protegidas e à prova de intempéries para evitar danos e roubos;
 - c) **Gerenciamento da cadeia de suprimentos:** desenvolver relacionamentos e parcerias com fornecedores durante a construção que possam implementar a minimização de resíduos na fonte;
 - d) **Esquemas de "devolução":** estabelecer esquemas com fornecedores para devolver materiais excedentes.

- **Embalagens:** envolver a cadeia de suprimentos para fornecer produtos e materiais que usem embalagens mínimas, além de separar as embalagens para reutilização.

Além dos pontos mencionados, o Resultado 4 também apresenta práticas de redução na fonte relevantes para aprimorar a gestão de RCC. Estas práticas são divididas em 3 temas: Design, Construção e Demolição. Em relação à fase de design, o documento demonstra as seguintes práticas (*ASIAN DEVELOPMENT BANK*, 2018d):

- **Design para desmontagem:** Com foco em reutilização, remanufatura e reciclagem, “design para desmontagem” significa reciclar matérias-primas para reutilização com custos mínimos. Isso mostra que a venda de materiais reciclados valiosos pode compensar em muito os custos adicionais de mão de obra da desmontagem do edifício. A desmontagem oferece uma alternativa para a demolição de edifícios, que não apenas reduz os impactos ambientais, mas também abre novas oportunidades de negócios para demolição de edifícios, reciclagem e transporte de resíduos de demolição, além de remanufatura e revenda de componentes de estrutura. Projetar um edifício para suportar a desmontagem pode aumentar a taxa de reciclagem de RCC dos atuais cerca de 20% para 70% e acima; e
- **Design para materiais de construção sustentáveis:** A indústria da construção da China depende fortemente de materiais de construção tradicionais e de baixo desempenho, como: concreto, tijolos, telhas e argamassa, etc. Além disso, os RCC representam 70% do total de resíduos municipais em peso. Em contraste, os materiais sustentáveis utilizam menos matérias-primas naturais, o que resulta na redução das emissões de poluentes e no consumo de energia durante seu processo de produção. Os materiais sustentáveis são mais fáceis de reciclar e reutilizar após a desmontagem, o que poderia eliminar ainda mais as poluições ao ecossistema. Portanto, dar prioridade aos materiais sustentáveis na seleção de materiais não só serve para a redução na fonte de RCC, mas também promove a produção ecologicamente correta na indústria da construção.

Quanto à fase de Construção, como muitas atividades durante a etapa de construção podem afetar diretamente a geração de RCC, o fortalecimento do gerenciamento de redução de resíduos durante a construção não pode ser enfatizado o suficiente. Com base na experiência e prática da China, a redução de RCC pode ser alcançada tomando-se caminhos durante a construção, conforme descrito em diferentes ângulos, como (*ASIAN DEVELOPMENT BANK*, 2018d):

- **Do ponto de vista da gestão:** Os RCC consideráveis gerados no canteiro de obras de construção são em parte devido às regras e regulamentos de gestão, as quais muitas vezes não possuem clareza e são pouco seguidas. Regulamentos de gestão abrangentes e sólidos no local e sua aplicação são essenciais para reduzir efetivamente os RCC. Embora o empreiteiro desempenhe um papel importante em sua redução, é necessária coordenação e cooperação entre agências e entidades para implementar essas medidas de controle. Por um lado, o governo e seus departamentos devem se esforçar para criar um ambiente favorável para o estabelecimento de um sistema que possa reduzir os RCC. Por outro lado, além de seguir regulamentos e sistemas, para melhorar o gerenciamento no local e alcançar a redução proativa de RCC, a conscientização e compreensão dos empreiteiros sobre o gerenciamento de RCC devem ser melhoradas, incluindo medidas de redução, de reutilização no local e conscientização sobre o tratamento e disposição centralizados fora do local;
- **Das tecnologias:** A geração de resíduos da construção tem uma relação próxima com a gestão da construção e da engenharia. Geralmente, uma boa gestão pode reduzir eficazmente a geração de RCC;
- **Do ponto de vista da gestão de custos:** Para o empreiteiro, a redução ou controle de RCC fundamentais cairá fundamentalmente na gestão de custos. Custos adicionais serão necessários para o tratamento e disposição de resíduos, assim como para adquirir e processar a mesma quantidade de materiais de construção a serem usados na construção, caso os materiais de desmontagem sejam tratados como resíduos. Portanto, uma limitação razoável nos custos e orçamento do

empreiteiro incentivaria a reutilização de RCC no local, além de reduzir sua geração.

Já na fase de Demolição, o relatório descreve dois métodos utilizados para reduzir os RCC durante esta fase: (i) descobrir e salvar os valores residuais do edifício antigo, preservando edifícios existentes em vez de construir novos; e (ii) transformar a desconstrução da tradicional 'demolição' para 'desmontagem'. Com base na experiência prática de engenharia, as tecnologias de demolição podem ser melhoradas em dois aspectos para reduzir a geração de RCC durante a demolição: (i) promover a avaliação e preservação da disposição de edifícios antigos; e (ii) otimizar a demolição ou desconstrução com técnicas (*ASIAN DEVELOPMENT BANK*, 2018d). Em relação a este último, com a ordem oposta à construção, a demolição seletiva desconecta e separa componentes das estruturas. Alguns dos materiais desconstruídos devem ser mantidos inalterados em tamanho e forma, como armações de madeira e componentes metálicos, para facilitar a reutilização direta. Além disso, materiais tóxicos e perigosos devem ser desmontados antes que a desconstrução comece para evitar misturas, permitindo a recuperação, reutilização e processamento posterior. A desconstrução da demolição também apoia a desconexão e separação de materiais de construção. Maiores requisitos técnicos e ênfase na recuperação direta e reutilização de componentes de grande porte a distinguem da demolição seletiva (*ASIAN DEVELOPMENT BANK*, 2018d).

Com técnicas de desconstrução, uma taxa de recuperação e reutilização de material mais alta pode ser esperada e a taxa de reciclagem de material de construção pode ser aumentada de 20% para 70%. Porém, em vista dos requisitos técnicos de desconstrução, a disseminação e aplicação de técnicas de desconstrução são significativamente limitadas pelos métodos de projeto de construção atuais, que não consideraram e não estão respondendo às práticas potenciais de desconstrução. Em contraste, a demolição seletiva é mais comumente usada, pois é flexível e pode ser ajustada às condições locais com muito mais facilidade (*ASIAN DEVELOPMENT BANK*, 2018d).

4.5.6 União Europeia

Por fim, além das legislações encontradas nos países europeus inseridos no Espaço Amostrado C (conforme seção 3.2.3), também foram encontrados documentos de gestão de RCC aplicáveis em todos os países membros da União Europeia, sendo eles:

- Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de novembro de 2008;
- Protocolo de Gestão de Resíduos da construção civil da UE - setembro de 2016;
- *Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings*, de 2018; e
- Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comitê Econômico e Social Europeu e ao Comitê das Regiões sobre a aplicação da legislação da UE em matéria de resíduos, incluindo o relatório de alerta precoce relativo aos Estados-Membros em risco de incumprimento do objetivo para 2020 de preparação de resíduos urbanos para reutilização/reciclagem, de 2018.

Destes documentos, destacam-se o Protocolo de Gestão de Resíduos da Construção Civil da União Europeia e o *Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings*.

Como os demais documentos apresentam dados mais voltados à gestão macro de RCC, suas informações estão incluídas na seção 4.5.7 desta Dissertação.

No primeiro documento, são demonstradas práticas que aprimoram a gestão de RCC em diversas etapas: (i) identificação, separação na origem e recolha de resíduos; (ii) logística de resíduos; (iii) processamento e tratamento de resíduos; (iv) gestão e garantia de qualidade; e (v) condições políticas e de enquadramento. Os principais aspectos identificados nestas etapas estão demonstrados a seguir (UNIÃO EUROPEIA, 2008).

De acordo com o Protocolo, a etapa de “identificação, separação na origem e recolha dos resíduos” exige definições claras e homogêneas, além de requerer a preparação e a execução de auditorias de pré-demolição e planos de gestão de resíduos de elevada qualidade. A

eliminação de resíduos perigosos e a separação de materiais que comprometem a reciclagem, incluindo materiais de fixação, também constituem uma parte essencial da separação na origem. Para uma melhor recolha de mercadorias para reutilização e reciclagem, é igualmente necessário uma demolição seletiva e operações adequadas no local (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

Falando especificamente sobre a necessidade de se melhorar a identificação dos resíduos, o Protocolo destaca a importância da execução de auditorias de pré-demolição (ou auditorias de gestão de resíduos) antes de qualquer projeto de renovação ou demolição, abrangendo todos os materiais a reutilizar ou reciclar, bem como os resíduos perigosos. Deste modo, é mais fácil identificar os RCC produzidos, realizar a desconstrução adequada e especificar as práticas de desmontagem e de demolição. As ações baseadas na auditoria asseguram a segurança dos trabalhadores, contribuem para um aumento da qualidade e da quantidade dos produtos reciclado e auxiliam no aumento da quantidade de materiais possíveis de recuperação. Ademais, a realização destas auditorias pode ajudar os clientes na definição de níveis de desempenho para as empresas de demolição, apoiar a concepção de um plano de gestão de resíduos para um local específico, demonstrar as credenciais ambientais, aumentar a eficiência dos materiais e da mão de obra, reduzir os resíduos e maximizar seus lucros (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

Durante uma auditoria de pré-demolição existem dois tipos de informações a serem recolhidas:

- Identificação de todos os materiais de resíduos que serão gerados durante a demolição, especificando a quantidade, a qualidade e a localização no edifício ou nas infraestruturas civis; e
- Informações sobre: (i) quais os materiais que devem (obrigatoriamente) ser separados na origem (por exemplo, resíduos perigosos); (ii) quais os materiais que podem ou não ser reutilizados ou reciclados; (iii) modo como os resíduos (perigosos e não perigosos) serão geridos e quais as possibilidades de reciclagem (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

As auditorias de demolição também são descritas como boas práticas de gestão de RCC no segundo documento com características relevantes de gestão de RCC em canteiros de obras (*Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings*, de 2018). De acordo com este documento, as auditorias pré-demolição devem ser realizadas antes de qualquer projeto de renovação ou demolição para quaisquer materiais a serem reutilizados ou reciclados, bem como para resíduos perigosos (*EUROPEAN COMMISSION*, 2018).

Estas auditorias levam em consideração os mercados locais para resíduos da construção civil e materiais reutilizados e reciclados. De acordo com a Diretriz, nela estão inclusos resíduos de construção, renovação e demolição. Em relação à cobertura geográfica, este documento foi desenvolvido para sua aplicação nos 28 Estados-Membros da União Europeia e inclui boas práticas de toda a UE que podem servir de inspiração tanto para formuladores de políticas quanto para profissionais (*EUROPEAN COMMISSION*, 2018).

Além disso, uma auditoria de resíduos antes da demolição ou renovação de edifícios e de infraestruturas é uma tarefa específica dentro do planejamento do projeto. É necessário entender o tipo e a quantidade de elementos e materiais que serão desmontados e/ou demolidos e emitir recomendações sobre seu manuseio futuro. Uma avaliação das rotas viáveis de recuperação de materiais também pode ser fornecida (incluindo reutilização e o potencial valor de reutilização, reciclagem no local e fora do local e as economias de custo associadas e a recuperação de energia) (*EUROPEAN COMMISSION*, 2018).

A auditoria de resíduos também deve considerar quaisquer legislações relevantes, como os requisitos para licenças ambientais. Idealmente, as auditorias de resíduos devem ser realizadas antes da convocação de concorrências e devem fazer parte das especificações para estas concorrências. Porém, caso isso não seja possível, elas devem ser realizadas, no mínimo, antes de solicitar a autorização de demolição ou renovação. As descobertas das auditorias podem apoiar as decisões das autoridades de aprovar o trabalho planejado (*EUROPEAN COMMISSION*, 2018).

A sua realização apresenta uma série de vantagens - tanto econômicas quanto ambientais - proporcionando importante valor agregado a todo o projeto, como: (i) promoção de concorrência justa entre os contratados; (ii) aumento da conscientização, facilitando os

processos de rastreabilidade; (iii) a qualidade ambiental e técnica dos materiais podem ser direcionadas. Já em relação aos benefícios ambientais, as auditorias de resíduos: (i) permitem a especificação dos contaminantes presentes; (ii) contribuem para a garantia de que os RCC sejam removidos de maneira ambientalmente responsável; (iii) possibilitam o alcance de uma qualidade ambiental mais alta para materiais recicláveis (*EUROPEAN COMMISSION*, 2018).

Outro ponto de destaque do documento se refere às informações adicionais que podem ser solicitadas pelo detentor do resíduo ou pela autoridade de construção, as quais podem ser (*EUROPEAN COMMISSION*, 2018):

- Um inventário dos elementos recomendados para desmontagem e reutilização;
- A localização dos materiais (e elementos) de resíduos no edifício, a fim de maximizar a eficiência e segurança da demolição ou renovação;
- A qualidade do material para avaliar as impurezas que podem estar presentes; e
- Sua reutilizabilidade para avaliar a reutilização direta do material, que depende da natureza e das condições apresentadas pelo material.

Além das auditorias de pré-demolição, é de suma importância a elaboração de planos de gestão de RCC adequados e orientados para processos, caso haja materiais das operações de construção, renovação ou demolição que se destinem a reutilização ou reciclagem. Um plano de gestão de resíduos adequado contém informações sobre o modo como as várias etapas da demolição serão executadas, bem como os responsáveis pela sua execução, quais os materiais que serão recolhidos de forma seletiva na origem, onde e como serão transportados, qual será o método de reciclagem, reutilização ou tratamento final e como será dado seguimento (*COMISSÃO EUROPEIA*, 2016a).

Neste sentido, é fundamental realizar as atividades de demolição de acordo com um plano. Após a demolição, a empresa responsável deve efetuar uma síntese do que foi recolhido na origem e indicar o destino dos resíduos transportados (reutilização, triagem, reciclagem, incineração, deposição em aterros, etc.). Estas informações devem ser comparadas com o que estava previsto no inventário, além de fornecidas às autoridades (*COMISSÃO EUROPEIA*, 2016a).

Recomenda-se a monitorização de todo este processo por uma autoridade local ou um organismo terceiro independente, como, por exemplo, uma organização de gestão de resíduos externa, por meio de: (i) ou controle de “interdemolição” no local por um terceiro após a remoção dos resíduos perigosos; (ii) controles posteriores com base em amostragens realizadas pelo mesmo organismo terceiro independente que preparou a auditoria de pré-demolição; e (iii) controles posteriores para verificar qual o destino de todos os materiais não recicláveis ou não reutilizáveis (verificação dos documentos de transporte, certificados de tratamento ou de processamento de resíduos, etc.) (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

Quanto à separação na origem, o Protocolo descreve que, quanto melhor for a separação dos RCC inertes, mais eficaz é a reciclagem e mais elevada é a qualidade dos agregados e dos materiais reciclados. Porém, o grau de separação depende muito das opções disponíveis no local (por exemplo, espaço e mão de obra) e dos custos e receitas dos materiais separados (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

No início da atividade de reciclagem de RCC, geralmente a separação se inicia com os materiais mais fáceis, para os quais já existem mercados secundários. Durante a separação é necessário estabelecer a diferença entre os materiais, tendo em conta as suas opções de tratamento, tais como: (i) limpeza para reutilização (exemplo: solos); (ii) reutilização (por exemplo, aço estrutural, chapas metálicas e ladrilhos); (iii) reciclagem para o mesmo uso (por exemplo, metais, papel, vidro, cartão e asfalto); (iv) reciclagem para aplicações distintas (por exemplo agregados e madeira para a fabricação de compósitos); (v) incineração (por exemplo, embalagens de madeira, plástico e papel); (vi) eliminação (por exemplo, resíduos perigosos). Além disso, a separação na origem implica os seguintes tipos de operações: (i) separação de resíduos perigosos; (ii) desconstrução (desmantelamento, incluindo a separação de fluxos laterais e materiais de fixação); (iii) separação de materiais de fixação; e (iv) demolição estrutural e mecânica (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

Quanto aos resíduos perigosos, como amianto, chumbo e bifelinas policloradas (PCB), sua remoção é fundamental para proteger o meio ambiente, a saúde dos trabalhadores e da população no entorno da construção. A remoção/descontaminação é necessária para que as partículas perigosas não contaminem os materiais reciclados. Mesmo que presente numa proporção muito pequena do total dos materiais constituintes dos resíduos, a eventual presença

de materiais perigosos nos resíduos pode reduzir drasticamente a confiança do mercado nos materiais constituintes dos resíduos reciclados e, conseqüentemente, a qualidade observada dos produtos reciclados (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

Por conseguinte, os resíduos perigosos devem ser removidos de forma correta e sistemática antes da demolição, uma vez que eles podem ser explosivos, oxidantes, tóxicos, nocivos, corrosivos, irritantes, cancerígenos ou infecciosos. Neste sentido, o plano de gestão de resíduos deve prever as medidas a adotar caso sejam detectados inesperadamente materiais perigosos nos resíduos (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

Em relação às demolições seletivas, segundo o documento, para a utilização de materiais reciclados em aplicações de elevada qualidade, podem ser exigidas demolições mais seletivas, como por exemplo: recolha/desmontagem de concretos e alvenarias realizados separadamente (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

Quanto à possibilidade de realização de operações no próprio canteiro de obras o Protocolo considera que sua execução possa ser vantajosa em termos de custos e de redução das necessidades de transporte. Porém, é necessário tomar decisões sobre a preparação no local para a reutilização e a reciclagem caso a caso, em função das características do local, como as dimensões e a proximidade de zonas verdes, moradores e empresas. Tais decisões devem ter em conta os fatores e os riscos econômicos, ambientais, sociais e de saúde, além das operações exigirem muitas vezes a obtenção de licenças ou autorizações próprias (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

Em relação à logística de resíduos, o Protocolo destaca a importância da rastreabilidade dos resíduos para reforçar a confiança nos produtos e nos processos e para mitigar eventuais impactos ambientais negativos. Além disso, ainda sobre a logística dos resíduos, o Protocolo informa que, além das auditorias de pré-demolição, é igualmente importante a posterior verificação de que os resíduos foram processados de acordo com o plano elaborado e que foram aplicadas as regras e a legislação em matéria de tratamento destes fluxos de resíduos (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

Outra ação relevante no sentido de se melhorar a logística dos resíduos consiste em tentar manter distâncias curtas. A proximidade das instalações de triagem e reciclagem é muito importante para os RCC, que, no caso dos materiais volumosos como os agregados para construção, não podem percorrer longas distâncias por estrada. A menos que transportados em grandes volumes, em comboios ou barcos, as longas distâncias não são economicamente atrativas e os benefícios ambientais da reciclagem também diminuem se forem percorridas distâncias mais longas (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

Com isso, também deve-se otimizar a utilização de redes rodoviárias e os lucros com tecnologias de informação (TI) adequadas para otimizar o percurso percorrido por estrada, buscando-se menores gastos com combustível. Além disso, sempre que possível, deve-se recorrer às estações de transferência de resíduos (ou a contentores de recolha), já que estas desempenham um papel fundamental no sistema de gestão de resíduos local, servindo de ligação entre o ponto de recolha local de RCC (locais de demolição) e as instalações de eliminação final de resíduos. As dimensões, a propriedade e os serviços oferecidos variam de forma significativa entre estações de transferência, todavia, todas têm o mesmo objetivo básico: consolidar os resíduos provenientes de vários pontos de recolha (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

O último ponto relacionado à logística de resíduos no Protocolo se refere ao potencial da acumulação e armazenagem adequada. De acordo com o documento, a acumulação é vantajosa sobretudo para grandes locais de demolição, por exemplo, aeroportos, instalações industriais ou edifícios residenciais, mas também pode ser um recurso importante em projetos pequenos. Porém, é importante tomar medidas de precaução que minimizem os riscos, uma vez que a acumulação de RCC pode originar emissões e diversos riscos como: poluição da água, lixiviação ou escoamento de contaminantes e partículas (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

Neste sentido, é muito importante que tais riscos sejam geridos no local, levando em conta fatores como: localização e clima da região, condições hidrológicas e hidrogeológicas, duração da armazenagem e a proteção das instalações de RCC de visitantes não autorizados (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

Quanto ao processamento e tratamento de resíduos, segundo o documento, o continente europeu possui uma ampla variedade de opções de processamento e tratamento dos resíduos, que são geralmente conhecidas como preparação para a reutilização, reciclagem e valorização de material e energia, seguindo esta ordem de prioridade. A escolha da opção da gestão de resíduos varia de caso para caso, em função dos requisitos regulamentares, bem como das considerações econômicas, ambientais, técnicas e de saúde pública, entre outras (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

Já em relação à gestão e garantia da qualidade, o Protocolo apresenta um Quadro com as etapas da gestão da qualidade necessárias para as várias fases do circuito de reciclagem, com destaque para as informações descritas a seguir (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a):

- **Transporte dos resíduos:** (i) Transporte seguro; (ii) Diligências especiais/declaração sobre os resíduos perigosos; (iii) Formulário de identificação; e (iv) Transportador registrado ou aprovado; e
- **Processamento e tratamento de resíduos:** (i) Admissão dos resíduos (na estação de reciclagem/no aterro); (ii) Controle de entrada (por exemplo, protocolo do amianto); (iii) Controle de produção em fábrica (verificação das características essenciais dos produtos); (iv) Critérios de admissão (por exemplo, matérias-primas utilizadas no fabrico de produtos derivados de resíduos); (v) Frequência da colheita de amostras; e (vi) Identificação dos agregados reciclados utilizados num produto/estrutura específicos.

O Protocolo também apresenta um Anexo (Anexo D), o qual apresenta exemplos de melhores práticas de gestão de RCC, divididas nos seguintes temas: (i) identificação, separação na origem e recolha de resíduos; (ii) logística de resíduos; (iii) processamento e tratamento de resíduos; (iv) gestão e garantia da qualidade; e (v) condições políticas e de enquadramento. A seguir estão descritas as principais práticas encontradas neste Anexo (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

- **Práticas inovadoras de gestão de RCC na etapa de logística de resíduos:**

- a) **Rastreabilidade dos resíduos minerais no setor da construção francês:** Na França, os produtores de resíduos ou detentores de resíduos são responsáveis pela gestão dos mesmos até à sua eliminação ou valorização final, mesmo quando os resíduos são transportados para instalações especializadas para serem tratados. A legislação francesa prevê que os produtores de resíduos facultem um documento com informações sobre o transporte dos resíduos do seu local de produção e a natureza dos mesmos. É necessário facultar este documento antes de os resíduos serem admitidos nas instalações de tratamento que aceitam resíduos inertes não perigosos. Os produtores de agregados reciclados optam pela aplicação de um sistema de rastreabilidade dos resíduos nas respectivas instalações de tratamento. Tal rastreabilidade assegura a qualidade do tratamento e permite que os utilizadores sejam informados das possíveis aplicações dos agregados reciclados a partir dos resíduos, tendo em conta critérios ambientais e geotécnicos (*CEREMA*, [s.d.]; *RÉPUBLIQUE FRANÇAISE*, 2012).

Além do Anexo D, também há o Anexo F, que consiste na Lista de Verificação (*Checklist*) referente ao Protocolo de Resíduos da construção civil. Este *checklist* auxilia os profissionais da indústria da construção e da demolição a perceberem se seguiram as etapas mais importantes nos seus projetos, a fim de garantir a reutilização e reciclagem adequadas dos materiais de construção. O anexo está dividido em 4 temas: (i) Identificação, separação na origem e recolha dos resíduos; (ii) Logística de resíduos; (iii) Processamento e tratamento de resíduos; e (iv) Gestão e garantia da qualidade. As características mais relevantes encontradas em cada um destes temas está representada a seguir (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a):

- **Identificação, separação na origem e recolha dos resíduos:**

- a) **Melhoria da identificação dos resíduos:** preparar uma auditoria de pré-demolição, realizada por um perito qualificado para: (i) indicar a quantidade, a qualidade e o local dos materiais; (ii) identificar os materiais que podem ser reutilizados ou reciclados ou que precisam ser eliminados; (iii) ter em devida conta as instalações locais e os mercados de RCC, bem como os materiais

reutilizados e reciclados. Nesta etapa também estão inclusas a elaboração de um plano de gestão de resíduos orientado para os processos, mostrando a forma como os materiais devem ser reutilizados ou reciclados, a tomada de decisão sobre as melhores opções de tratamento dos diversos materiais e a garantia de uma monitorização eficiente pelas autoridades locais ou por um organismo independente; e

- b) Melhoria da separação na origem:** Conservar os materiais separados durante o processo de demolição e construção para garantir a qualidade dos agregados reciclados e dos materiais; remover os resíduos perigosos (descontaminação) de forma correta e sistemática antes da demolição; efetuar a demolição e o desmantelamento de forma seletiva dos principais fluxos de resíduos inertes, muitas vezes manualmente, e tratar os mesmos separadamente; minimizar os materiais de embalagem tanto quanto possível; e facultar a documentação necessária a todas as empresas contratadas, a fim de apoiar a transparência e a monitorização.
- **Logística de resíduos:**

 - a) Transparência, acompanhamento e rastreio:** facultar a documentação necessária a todas as empresas contratadas, a fim de apoiar a transparência e a monitorização; e utilizar a lista de resíduos aplicável no território nacional para assegurar a comparabilidade dos dados em todo o país;
 - b) Melhora da logística:** tentar percorrer distâncias curtas, de modo que a reciclagem seja atrativa do ponto de vista econômico e respeitadora do ambiente; otimizar a rede de transportes e utilizar os sistemas informáticos de apoio; sempre que possível utilizar estações de transferência de resíduos e/ou serviços de triagem e reciclagem de resíduos; e garantir a integridade dos materiais durante o transporte, do desmantelamento à reciclagem; e
 - c) O Potencial de acumulação e armazenagem adequada:** armazenar e acumular devidamente os materiais de RCC em determinadas situações, adotar

medidas de precaução para minimizar as emissões e os riscos, tendo em conta as condições locais.

- **Processamento e tratamento de resíduos:**
 - a) **Opções de processamento e tratamento de resíduos:** seguir a hierarquia dos resíduos para maximizar os benefícios no que diz respeito à eficiência, à sustentabilidade e à redução dos custos dos recursos; efetuar a triagem de materiais e produtos não inertes, em função do seu valor econômico, se possível; e processar ou tratar os materiais com base nos critérios e na regulamentação em matéria ambiental em vigor;
 - b) **Preparação para reutilização:** reutilizar, tanto quanto possível, os materiais, já que a reutilização apresenta ainda mais vantagens ambientais do que a reciclagem;
 - c) **Reciclagem:** Reciclar os materiais, seja no local, para utilização em novas obras de construção, seja fora dele, numa estação de reciclagem; promover a reciclagem, sobretudo em zonas com grande densidade populacional, onde a oferta e a procura são geograficamente próximas; e assegurar um planeamento adequado das atividades de gestão de resíduos, a fim de garantir elevadas taxas de reciclagem e produtos reciclados de alta qualidade;
 - d) **Valorização de materiais e energia:** As operações de enchimento podem ser consideradas em algumas situações, quando não for possível a reutilização ou a reciclagem, com vista a aplicações de qualidade mais elevada; é necessário considerar a valorização energética para os materiais que não possam ser reutilizados ou reciclados.
- **Gestão e garantia da qualidade:**
 - a) **Qualidade do processo primário:** Aplicar controles e instrumentos de gestão e garantia da qualidade em todas as fases do circuito de reciclagem, utilizando

os atuais sistemas de gestão da qualidade (como ISO 9000, ISO 14001 e EMAS); aplicar controles e os instrumentos de gestão e garantia da qualidade fundamentais em cada etapa do processo: (i) identificação, separação na origem e recolha dos resíduos; (ii) construção; (iii) transporte de resíduos; e (iv) processamento e tratamento de resíduos.

- b) Garantia da qualidade relacionada com produtos e normas relativas aos produtos:** utilizar as mesmas normas do país aplicáveis aos materiais primários para os reciclados. Caso isso não seja possível, aplicar Normas Técnicas ou Sistemas de Garantia da Qualidade (exemplo: ISO 9000).

Com relação ao segundo documento - *Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings*, de 2018, além dos pontos já mencionados anteriormente (ou seja, auditoria de pré-demolição), o documento também demonstra outras recomendações de gestão de resíduos, como: (i) resumo por tipo de saída e gestão recomendada de cada fluxo de resíduos; (ii) avaliação das metas de recuperação alcançáveis; (iii) lista de instalações locais de gestão de resíduos, especificando seus serviços (se possível); (iv) outras informações de interesse para as partes interessadas envolvidas no projeto, como: legislações no país, resumo das responsabilidades de cada uma das partes interessadas e orientações / conselhos / foco de atenção referentes aos trabalhos de demolição seletiva planejados (*EUROPEAN COMMISSION*, 2018).

4.5.7 Particularidades de Gestão Macro de RCC encontradas nas Legislações Internacionais

Além das particularidades mencionadas anteriormente, assim como foi feito com a análise dos documentos relacionados à gestão de resíduos da construção a nível estadual e a nível municipal no território nacional, também foram inclusos na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão registros relevantes referentes à Gestão Macro de Resíduos da Construção Civil.

A primeira legislação internacional com pontos relevantes referentes à gestão macro de RCC é o "Plano de Ação da Política Nacional de Resíduos – Anexo 2022" (do original

“*National Waste Policy Action Plan – Annexure 2022*”), da Austrália. Neste documento há uma tabela demonstrando ações que devem ser feitas no país para se atingir o objetivo 2 em relação à gestão de RCC: “Reduzir o total de resíduos gerados na Austrália em 10% por pessoa até 2030” (AUSTRALIA, 2018, 2022).

Dentre as ações citadas no documento, duas ganham destaque, ambas na categoria “Reutilização e Reparabilidade” (AUSTRALIA, 2018, 2022):

- **Revisar e relatar recomendações para introduzir leis que melhorem as opções de 'direito de reparo' dos consumidores:** De acordo com o documento, esta ação deve ser coordenada pelo governo australiano, tendo como parceiros os governos Estaduais e Territoriais e o Setor Empresarial; e
- **Apoiar centros comunitários de reutilização e reparo, permitindo que as comunidades evitem criar resíduos:** De acordo com o documento, esta ação deve ser coordenada por todos os níveis de governo do país, tendo como parceiros ONGs.

Já o documento “*Country profile - Overview of national waste prevention programmes in Europe - Spain 2021*” demonstra a importância de desenvolver ferramentas para avaliar o desempenho ambiental de materiais de construção, assim como seu potencial de reutilização (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2021).

Outras particularidades foram encontradas no Japão, por meio dos documentos “*Waste Management and Recycling in Japan*”, de 2004, e “*Waste Management in Tokyo*”, de 2012.

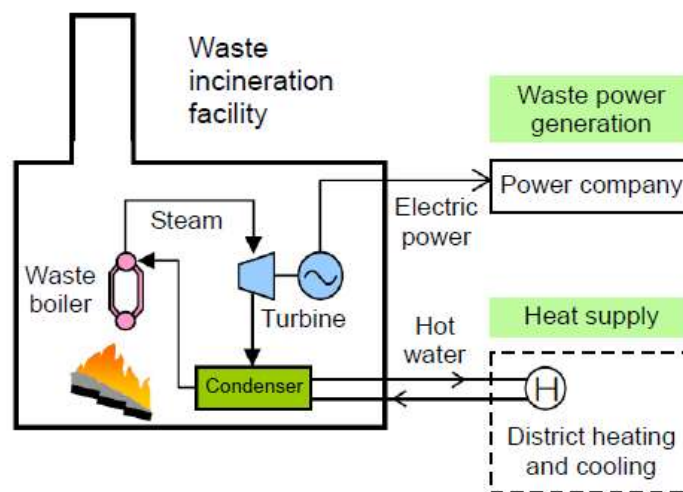
No primeiro documento, há a menção à “Lei de Promoção da Aquisição de Produtos Reciclados pelas Organizações Nacionais e Autoridades Locais por Iniciativa Própria”, também conhecida como “Lei de Compras Verdes”. Esta lei foi estabelecida para promover ativamente a aquisição de bens ecologicamente corretos - como produtos reciclados – pelas organizações nacionais e autoridades locais e para promover o fornecimento de dados úteis relacionados às compras verdes (MINISTRY OF THE ENVIRONMENT OF JAPAN, 2004).

A Lei em questão especifica tipos de bens ambientais, como artigos específicos de aquisição, papel de comunicação/impressão (papel reciclado), veículos oficiais (veículos de baixa poluição), copiadoras (tipos econômicos em energia), a serem promovidos para aquisição como prioridade, e entrou em vigor a partir de abril de 2001 (*MINISTRY OF THE ENVIRONMENT OF JAPAN*, 2004).

Por mais que a Lei em questão não especifique resíduos da construção civil como tipos de bens ambientais, entende-se que sua inclusão geraria benefícios à gestão de RCC como um todo no contexto nacional.

O segundo ponto de destaque em relação ao contexto japonês consiste na “Recuperação de Energia Altamente Eficiente”, por meio da utilização de instalações de incineração de resíduos. A Figura 22 demonstra um esquema de funcionamento destas instalações (*TOKYO METROPOLITAN GOVERNMENT*, [s.d]).

Figura 22 – Esquema de funcionamento de instalações de incineração de resíduos



Fonte: *Tokyo Metropolitan Government* ([s.d.]).

Outro ponto relevante está presente no documento “Lei Antidesperdício e de Economia Circular da França: eliminando desperdícios e promovendo a inclusão social”, de 2021, o qual demonstra a importância de se reduzir os resíduos da construção civil com um esquema de Responsabilidade Estendida do Produtor (REP, do inglês *Extended Producer Responsibility - EPR*) (*ELLEN MACARTHUR FOUNDATION*, 2021).

De acordo com o documento, o setor de construção da França gera 42 milhões de toneladas de resíduos anualmente e foi responsável por 26% das emissões de CO₂ do país em 2016. Estes materiais muitas vezes são jogados em lixões ilegais, poluindo o meio ambiente. A remoção dos materiais e a limpeza desses lixões custaram às prefeituras e aos contribuintes entre EUR 340 milhões e EUR 420 milhões (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

Para administrar melhor os recursos e promover o reuso dos materiais de construção, um esquema de Responsabilidade Estendida do Produtor (REP ou *EPR*) sobre esses materiais está em operação desde 2022, tornando os fabricantes de produtos de construção responsáveis pelos resíduos gerados. Ao melhorar o sistema de gerenciamento de recursos, os esquemas de REP podem apoiar vários ciclos de economia circular (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

O país já possuía 14 esquemas obrigatórios de REP em 2018. Outros 12, incluindo para brinquedos, bitucas de cigarro e equipamentos de esporte e lazer, foram introduzidos por meio da lei. Com mais de 25 esquemas, a França é hoje um dos países do mundo onde a REP é mais amplamente aplicada (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

A importância da Responsabilidade Estendida do Produtor também é demonstrada nos seguintes documentos/legislações:

- **Coreia do Sul:** “*Information Note South Korea's waste management policies*”, de 2013 (LEGISLATIVE COUNCIL SECRETARIAT - RESEARCH OFFICE, 2013);
- **Alemanha:** “*Service contract on management of construction and demolition waste – SRI. Final Report Task 2*”, de 2011 (BIOINTELLIGENCE SERVICE, 2011);
- **Inglaterra:** “*Waste Management Plan for England*”, de 2021 (DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS, 2021); e
- **Paquistão:** “*Solid Waste Management Sector in Pakistan - A Reform Road Map for Policy Makers March 2022*” e “*Waste Management in Pakistan - Status Best Practices Recommendations*”, também de 2022 (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2022; SHAFIQUE; CLARK, 2022).

O primeiro documento mencionado demonstra que a Coreia do Sul possui “Sistema de Responsabilidade Ampliada do Produtor” desde 2003. Todos os anos no país, por meio deste sistema, os produtores devem atender à cota de reciclagem exigida pelo Ministério do Meio Ambiente. O Sistema foi introduzido para substituir o antigo sistema existente, conhecido como Sistema de Depósito de Resíduos, que exigia que os fabricantes pagassem um depósito pela produção de itens recicláveis, incluindo garrafas, latas de alumínio e aço, vidro e garrafas de polietileno. Em seu início, os itens sujeitos a reciclagem obrigatória eram baseados nos itens sob o Sistema de Depósito de Resíduos. Mais itens foram adicionados à lista nos anos seguintes, incluindo telefones de áudio e móveis em 2005; impressoras, copiadoras e máquinas de fax em 2006; e baterias de manganês, alcalinas e de hidreto metálico de níquel em 2008 (*LEGISLATIVE COUNCIL SECRETARIAT - RESEARCH OFFICE, 2013*).

No país, os produtores sujeitos a obrigações de reciclagem podem cumprir suas obrigações de reciclagem por meio de: (i) recuperação e reciclagem diretas; (ii) terceirização para uma empresa de reciclagem diretamente; ou (iii) ingressando em Organizações de Produtores Responsáveis mediante o pagamento de taxas de adesão. Os produtores que não cumprirem suas obrigações estão sujeitos a taxas padrão de reciclagem e sobretaxas (*LEGISLATIVE COUNCIL SECRETARIAT - RESEARCH OFFICE, 2013*).

Porém, cabe destacar que, analisando o documento mencionado, não há nenhuma menção à inclusão de RCC na lista de produtos sujeitos ao sistema EPR no território sul-coreano.

A Responsabilidade Estendida do Produtor também serve como base da Política de Gestão de Resíduos da Alemanha. No país, produtores e distribuidores de bens devem projetar seus produtos para garantir a redução de resíduos e facilitar a reciclagem e a recuperação de materiais (*BIOINTELLIGENCE SERVICE, 2011*).

Já o documento aplicado no contexto inglês demonstra que, no país, a Estratégia de Recursos e Resíduos estabelece a intenção do “Ministério do Meio Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais” (do original, “*Department for Environment Food & Rural Affairs*”) de revisar e consultar medidas como a REP/EPR e padrões de produtos para cinco novos fluxos de

resíduos, dentre eles, determinados materiais no setor de construção civil (*DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS, 2021*).

Com relação ao Paquistão, no primeiro documento mencionado há a introdução à abordagem da REP/EPR para a captura de materiais recicláveis, como resíduos de embalagens, resíduos elétricos/eletrônicos, veículos no final da vida útil e baterias. De acordo com o documento, esta é uma maneira eficaz de atender aos objetivos do princípio do "poluidor pagador", sendo de grande importância o desenvolvimento de esquemas abrangentes em colaboração com partes-chave, como fabricantes de produtos de consumo e materiais de embalagem, geralmente leva tempo, muitas vezes mais de cinco anos (*ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2022*).

A noção de EPR também está presente no segundo documento referente ao contexto paquistanês, o qual descreve outros fluxos de resíduos que se qualificam para este conceito sob esquemas liderados pelo governo na União Europeia, como pneus, óleo usado, papel e papelão, e resíduos da construção civil (*SHAFIQUE; CLARK, 2022*).

Em relação à gestão macro de RCC na Índia, ganham destaque dois documentos: “*Ministry of Environment, Forest and Climate Change - Notification New Delhi, the 18th March, 2016, as amended 27th March, 2018*”, de 2018 e “*Guidelines on Environmental Management of Construction & Demolition (C & D) Wastes*”, de 2017.

No primeiro documento há a descrição de deveres da autoridade local relacionados à gestão macro de RCC, com destaque para a criação de um sistema sustentado de informação, educação e comunicação para RCC por meio de colaboração com instituições especializadas e sociedades civis, assim como disseminar essas informações por meio de seus próprios *websites* (*MINISTRY OF ENVIRONMENT, FOREST AND CLIMATE CHANGE, 2018*).

Outras ações também são descritas no segundo documento, conforme se segue (*CENTRAL POLLUTION CONTROL BOARD, 2017a*):

- **Obrigar o uso de produtos de RCC:** Segundo o documento, assim que uma planta de reciclagem de RCC for inaugurada em uma cidade, pode ser tornada

obrigatória para todas as atividades de construção o uso de uma porcentagem especificada de materiais de construção fabricados a partir de entulho reciclado.

- **Incentivar a utilização de produtos reciclados de RCC:** Segundo o documento, isso pode ser feito por três ações: (i) Todas as construções governamentais podem ser obrigadas a usar pelo menos 20% de produtos reciclados de RCC em suas obras; (ii) todos os projetos de renovação envolvendo demolição, mesmo que sejam no setor privado, podem ser obrigados a usar pelo menos 20% de produtos reciclados de RCC; e (iii) a taxa de despejo para entrega de resíduos da construção civil na planta de reciclagem, termos e condições do órgão público com o concessionário podem ser projetados para manter os preços dos produtos reciclados de RCC cerca de 20% mais baixos do que os produtos convencionais correspondentes.
- **Obrigar a utilização de produtos de RCC em projetos governamentais e privados:** os produtos de construção fabricados a partir de RCC têm atendido aos requisitos necessários de resistência à compressão e absorção de água. Produtos finais, como meio-fio, blocos de pavimentação e areia fabricada também foram testados em laboratórios e considerados satisfatórios, assim como agregados reciclados, que também foram cientificamente validados para a substituição parcial de agregados naturais.

De acordo com a Regra (9) sub-regra (4) a “aquisição de materiais feitos a partir de resíduos da construção civil deve ser obrigatória para uma certa porcentagem (digamos, 10-20%) em contratos municipais e governamentais, sujeitos a rigoroso controle de qualidade.” Porém, de acordo com os autores, os desenvolvedores privados também devem ser encorajados a obrigar uma porcentagem para a aquisição de materiais feitos a partir de RCC, sujeitos a rigoroso controle de qualidade.

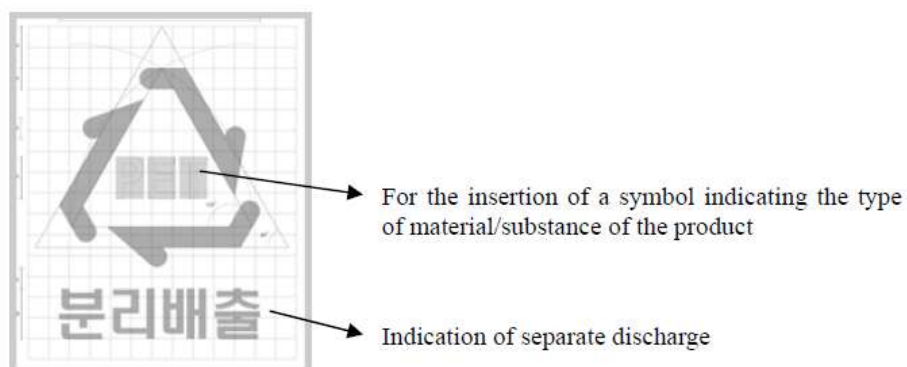
A obrigatoriedade em se utilizar itens com conteúdo de material recuperado (reciclado) também ocorre nos Estados Unidos, de acordo com o documento “*EPA - RCRA in Focus* -

Construction Demolition and Renovation”, de 2004, já mencionado na seção 4.5.1 (*UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2004*).

Já em relação às legislações sul-coreanas, além dos pontos mencionados na seção 4.5.3, a “Lei de Promoção da Reciclagem de Resíduos de Construção” também possui um artigo relevante sobre a gestão macro de RCC. De acordo com o documento, é o dever do Estado, dos governos locais e das instituições públicas exigir que os RCC sejam descarregados após segregação por desmontagem separada em contratos referentes a obras governamentais (*STATUTES OF THE REPUBLIC OF KOREA, 2019*).

Já a “Nota Informativa sobre as Políticas de Gestão de Resíduos da Coreia do Sul” (do original *Information Note South Korea's waste management policies*), de 2012, além de falar sobre o “Sistema de Responsabilidade Ampliada do Produtor, conforme já mencionado anteriormente, também conta com o Sistema de Marcação de Descarga Separada. Tal Sistema também foi introduzido em 2003, exigindo que os produtores de produtos ou embalagens de reciclagem obrigatória (principalmente os produtos de uso diário) anexassem uma marca de descarga separada em seus produtos para aumentar a conscientização dos consumidores para a descarga e reciclagem separadas. Tal marca deve estar em conformidade com as diretrizes para a Marcação de Descarga Separada emitidas pelo Ministério do Meio Ambiente. A Figura 23 demonstra um exemplo da marca de descarga separada (*LEGISLATIVE COUNCIL SECRETARIAT - RESEARCH OFFICE, 2013*).

Figura 23 – Exemplo de uma marca de descarga separada



Fonte: *Korea Environment and Resources Corporation (2013)*.

Além disso, o documento também menciona que, embora a principal obrigação de reciclagem recaia sobre os produtores, as responsabilidades também são compartilhadas por todos os envolvidos no ciclo de vida dos produtos (*LEGISLATIVE COUNCIL SECRETARIAT - RESEARCH OFFICE*, 2013).

O terceiro documento com informações relevantes sobre a gestão macro de RCC no território sul-coreano se refere às “Políticas de Gestão e Utilização de Recursos de Resíduos da Coreia” (do original *Waste Resources Management and Utilization Policies of Korea*), de 2016. Neste documento há a menção de metas políticas e ações de implementação inseridas nos 2 primeiros “Planos de Estrutura para a Reciclagem de RCC”. Na primeira versão deste plano foram inseridas 3 metas e 10 ações. As metas eram as seguintes: (i) Melhoria da Taxa Real de Uso de Materiais de Estrutura Reciclados em Locais de Construção; (ii) Redução da Geração de RCC; e (iii) Tratamento Adequado de Resíduos de Construção (*KOREA RESEARCH INSTITUTE FOR HUMAN SETTLEMENTS*, 2016).

Já em relação às 10 ações mencionadas, estas foram as seguintes (*KOREA RESEARCH INSTITUTE FOR HUMAN SETTLEMENTS*, 2016):

- Expansão de Construções e Usos Sujeitos ao Uso Obrigatório de Materiais de Estrutura Reciclados;
- Reajuste da Taxa de Alvo para Reciclagem em Cada Propriedade Composicional;
- Incentivos para a Promoção do Uso de Materiais de Estrutura Reciclados;
- Consolidação de um Sistema de Gerenciamento de Informações para RCC;
- Perseguição da Inclusão de Materiais de Estrutura Reciclados em Planos de Provisão de Estrutura;
- Obrigação Faseada do Uso de Materiais de Estrutura Reciclados para Desmontagem Classificada;
- Aprimoramento da Implementação de Descarregadores de Classificação, Seleção e Descarga;
- Provisão de Técnicas de Planejamento e Construção para Redução da Geração de RCC;

- Prevenção da Poluição Ambiental Secundária por meio do Aprimoramento de Critérios Relacionados ao Tratamento de RCC; e
- Aprimoramento do Gerenciamento de RCC Perigosos/Poluentes.

Já no 2º Plano, foram inseridas 3 metas e 7 ações de implementação. As 3 metas foram: (i) Redução de Descarga; (ii) Conservação Ambiental e Melhoria da Circulação de Recursos; e (iii) Estabelecimento de uma Política de Gerenciamento de RCC e Infraestrutura Industrial” (*KOREA RESEARCH INSTITUTE FOR HUMAN SETTLEMENTS*, 2016).

Já as 7 principais tarefas de implementação foram (*KOREA RESEARCH INSTITUTE FOR HUMAN SETTLEMENTS*, 2016):

- Gerenciamento Aprimorado da Desmontagem Classificada de Edifícios e Requisitos Obrigatórios;
- Reutilização de Materiais de Estrutura Reciclados com Consideração para o Ambiente Ecológico;
- Aumento da Reutilização de RCC;
- Melhoria do Sistema de Distribuição e Construção de Instalações;
- Estabelecimento de um Sistema de Unidades para Fontes de Geração;
- Aprimoramentos no Sistema de Gerenciamento de RCC; e
- Avanços em Tecnologia e Estabelecimento de uma Base para o Crescimento.

Quanto à Itália, além dos pontos mencionados na seção 4.5.4, também foram encontradas particularidade relevantes sobre a gestão macro de RCC no documento “*Screening template for Construction and Demolition Waste management in Italy V2 – October 2015*”. Neste documento, destacam-se os principais impulsionadores para gestão sustentável de RCC, com destaque para os pontos apresentados a seguir:

- **Lei das Compras Verdes:** Tal Lei apresenta regras de compras públicas verdes que introduziram o uso obrigatório de materiais reciclados (em particular, de agregados reciclados em infraestrutura). Porém, de acordo com o documento, na

prática o decreto não é devidamente aplicado no território italiano (DELOITTE, 2015); e

- **Desenvolvimento de critérios de fim de resíduos:** O desenvolvimento de critérios de fim de resíduos também ajudaria a desenvolver o mercado de agregados reciclados, porém, até o momento, há apenas um material dentro de RCC para o qual estão sendo desenvolvidos critérios de fim de resíduos: agregados feitos a partir de RCC para pavimentação de estradas ("granulado de conglomerado betuminoso"). A ANPAR (uma associação de produtores de materiais reciclados de construção civil) está realizando *lobby* para desenvolver critérios de fim de resíduos também para agregados a serem usados na construção de edifícios (DELOITTE, 2015).

Já em relação ao contexto chinês, o resultado 2 do "Relatório do Consultor de Assistência Técnica - Gestão e Reciclagem de Resíduos da construção civil" demonstra práticas de gestão macro de RCC inovadoras no contexto internacional. A primeira prática mencionada no documento é a de proibições de Aterro ou Reciclagem Obrigatória (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2018a, 2018b, 2018c).

De acordo com a pesquisa realizada, alguns países ou jurisdições introduziram proibições de enviar certos tipos de RCC para aterros sanitários, ou mesmo requisitos obrigatórios de reciclagem (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2018a, 2018b, 2018c).

No Japão, de acordo com a Lei de Reciclagem de Materiais Relacionados à Construção, é obrigatório reciclar a maioria dos tipos de resíduos da construção civil, incluindo concreto, metal, madeira e asfalto (MINISTRY OF THE ENVIRONMENT OF JAPAN, 2000).

Nos Estados Unidos, a cidade de Seattle aprovou regulamentações determinando que determinados tipos de RCC sejam reciclados, assim como que estes não sejam colocados em recipientes para disposição em aterros sanitários. Antes de receber uma licença do Departamento de Construção e Inspeção de Seattle (SDCI), os requerentes de licença de construção com projetos de mais de 750 pés quadrados (aproximadamente 69,7 m²), assim como todos os projetos de demolição, precisam enviar um Relatório de Desvio de Resíduos.

Além disso, uma Avaliação de Recuperação deve ser preenchida para projetos de remoção de edifícios inteiros por um verificador de recuperação. Uma vez que um projeto é concluído, todos os permissos de demolição e todos os novos projetos de construção e remodelação que tenham um valor de US \$ 30.000 ou mais precisam enviar o Relatório de Desvio de Resíduos já mencionados para SPU (*Seattle Public Utilities*). Este relatório documenta onde os materiais de construção foram entregues para reutilização, reciclagem e disposição. Além disso, Seattle planeja implementar gradualmente proibições de aterro para certos tipos de RCC (incluindo: pavimentação asfáltica; tijolos e concreto; metal; papelão; gesso; madeira não tratada; carpete; filme plástico; e telhas de asfalto) (*SEATTLE PUBLIC UTILITIES*, 2024).

Já na Holanda há uma proibição nacional sobre a disposição de resíduos da construção civil reutilizáveis desde 1997. Como resultado, apenas trituradores e separadores certificados de RCC são autorizados a dispor de resíduos da construção civil não reutilizáveis. De acordo com a legislação holandesa, apenas entulho contaminado com alcatrão de carvão, amianto e outras formas de contaminação química são considerados não reutilizáveis (*CONSTRUCTION RESOURCES AND WASTE PLATFORM*, 2007).

O segundo ponto relevante mencionado no documento se refere às “Diretrizes Não Estatutárias”. De acordo com esta seção do relatório, muitos países possuem esquemas de certificação para construções sustentáveis, como o *LEED* (EUA), o *BREEAM* (antigo *CEEQUAL*, do Reino Unido), e o *HKBEAM* (Hong Kong). Esses esquemas geralmente têm um elemento de gestão de resíduos, assim como pontos podem ser obtidos ao alcançar um certo nível de desvio de aterro ou reciclagem, separando RCC no local e usando materiais com alto teor reciclado. Os clientes podem optar por tornar a certificação um requisito obrigatório, o que pode impulsionar a gestão sustentável de RCC (*U.S. GREEN BUILDING COUNCIL*, 2024; *BRE GLOBAL*, 2024; *POLYU*, 2024).

Cabe destacar que algumas particularidades das certificações ambientais mencionadas anteriormente estão na seção 4.7 desta Dissertação. Além destas certificações, organismos financiados pela indústria e pelo governo emitem diretrizes para ajudar os empreiteiros na reciclagem de RCC. Isso inclui diretrizes técnicas detalhadas para designers, mas também diretrizes práticas para agentes do local, encarregados e operários (*ENVIROMENTAL PROTECTION DEPARTMENT*, [s.d]).

Além disso, ferramentas também foram desenvolvidas para ajudar designers e empreiteiros, tanto durante o projeto quanto durante a construção, como a ferramenta SmartWaste, desenvolvida no Reino Unido (*BRE GROUP*, 2024).

O terceiro ponto destacado neste documento se refere à tributação de agregados virgens. Em relação a este ponto, o Reino Unido tentou abordar a diferença de preço entre agregados reciclados e virgens por meio de um imposto sobre agregados virgens, o "*Levy de Agregados*". O imposto era fixado em £ 2,00 por tonelada de agregado, e os agregados reciclados estavam isentos. O imposto representava uma parte significativa do custo dos agregados no Reino Unido, sendo relatados como aproximadamente £ 5,00, excluindo impostos. Um estudo da Comissão Europeia, de 2011, concluiu que este imposto incentivou a reciclagem e a utilização de materiais secundários, o que levou a uma diminuição na produção de agregados naturais. No entanto, as opiniões sobre a eficácia do imposto são mistas e os pontos críticos mencionados na literatura são: a falta de medição dos impactos nas externalidades ambientais; maiores distâncias de transporte; e acúmulo de agregados primários de qualidade inferior e não vendidos (mas localmente disponíveis) nas pedreiras (*EUROPEAN COMMISSION*, 2011).

Já na Suíça, um estudo concluiu que a demanda por concreto reciclado é mais sensível a mudanças na conscientização dos *stakeholders* da construção civil sobre a opção de reciclagem e diferenças de preço entre material convencional e reciclado. A análise de cenários mostrou que uma combinação de extensas campanhas de informação e pequenas vantagens de preço para materiais reciclados levaria a uma reutilização máxima de resíduos da construção civil (*KNOERI et al.*, 2014).

Outro estudo também investigou como os impostos sobre matérias-primas virgens usadas na construção na Dinamarca, Suécia e Reino Unido reduziram a utilização desses recursos. Concluiu-se que, na Suécia, um imposto sobre cascalho natural (introduzido em 1996) para promover o uso de rochas britadas e materiais reciclados incentivou a substituição por outros materiais, embora o imposto seja aplicado uniformemente em todo o país, mesmo em regiões onde a escassez de cascalho natural é menos problemática (*SÖDERHOLM*, 2011).

Já na Dinamarca, um imposto sobre matérias-primas extraídas (areia, cascalho, pedras, turfa, argila e calcário) introduzido em 1990, em conjunto com um imposto sobre resíduos, produziu uma maior demanda por substitutos reciclados: em 1985, apenas 12% dos resíduos da construção civil eram reciclados, em comparação com 94% em 2004 (SÖDERHOLM, 2011).

Além das práticas mencionadas, o documento possui uma seção de conclusões que também apresenta outras práticas relevantes de gestão de RCC no contexto internacional, como as representadas a seguir (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2018a, 2018b, 2018c):

- **Separação de resíduos na fonte:** Obrigatória em muitos países, permite a produção de materiais reciclados de alta qualidade a custos mais baixos;
- **Protocolos/padrões para materiais reciclados:** O uso de protocolos ou padrões para materiais reciclados de RCC aumenta a confiança no mercado, fornecendo um produto consistente;
- **Estimular demanda de produtos reciclados de RCC:** Estimular a demanda por produtos de RCC reciclado é frequentemente desafiador. Parte da resposta é técnica e pode ser abordada por meio de pesquisa e desenvolvimento de especificações e protocolos. Já outra parte está relacionada à percepção e pode ser abordada por meio de estudos de caso e projetos de demonstração. Os clientes podem estimular a demanda exigindo o uso de uma certa proporção de material reciclado em projetos;
- **Controle de RCC durante todo o processo:** As medidas de controle sobre RCC devem se estender desde o local de produção até o local de tratamento/disposição, incluindo os responsáveis pelo transporte;
- **Orientações técnicas sobre regulamentos e melhores práticas:** Orientações sobre como cumprir regulamentos ou melhores práticas são úteis para designers, empreiteiros e operários no local. Essas orientações devem ser práticas e não teóricas, e apoiadas por estudos de caso;

- **Precificação diferenciada para resíduos inertes e não inertes:** Aumentar o custo do descarte de resíduos fornece um forte incentivo para a reciclagem. A precificação diferenciada para resíduos inertes e não inertes incentiva os produtores de resíduos a segregarem na fonte. No entanto, os impostos sobre aterros sanitários só funcionam se não puderem ser facilmente evitados pelo despejo ilegal; e
- **Subsídios para instalações de RCC:** Subsídios podem apoiar instalações de RCC onde, de outra forma, seriam economicamente inviáveis; mas na ausência de demanda suficiente por materiais de RCC reciclados, eles podem ter dificuldade em encontrar pontos de venda para seus produtos. Devido a isso, a provisão direta ou o subsídio a instalações de processamento de RCC é incomum na Europa e nos EUA.

Por fim, o resultado 2 também menciona especificações de gestão de RCC relevantes no contexto internacional. A primeira delas se às diretrizes alemãs as quais afirmam que, em determinadas circunstâncias, o agregado reciclado pode ser usado em até 45% do agregado total, dependendo da classe de exposição do concreto (Concreto: DIN EN 206-1 e DIN 1045-2, agregados reciclados: DIN 4226-100). (*COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION*, 2001, 2002, 2008).

O Certificado Alemão de Construção Sustentável, voluntário, possui uma seção relevante para RCC com foco na prevenção de resíduos, design para desmontagem e reciclagem de resíduos de construção. As Diretrizes de Materiais de Construção Reciclados são outra diretriz voluntária que garante que os produtos reciclados funcionem da mesma forma que um produto primário (*BIOINTELLIGENCE SERVICE*, 2011).

Já no Resultado 4 deste relatório (Relatório Sintético), o ADB também demonstra a importância de se alcançar a promoção e aplicação de produtos reciclados de RCC por meio de um sistema abrangente de orientações técnicas, regulado por leis e políticas correspondentes. Tais orientações podem incluir aspectos como: (i) requisitos básicos; (ii) plano de reciclagem e reutilização; (iii) ações de redução de fonte, (iv) classificação; (v) gerenciamento de

informações, entre outros. Também podem ser introduzidas nestas orientações casos práticos aplicados no país (*ASIAN DEVELOPMENT BANK*, 2018d).

Através do estabelecimento da orientação técnica, é possível fornecer um conjunto completo de orientações executivas sobre cada seção da gestão de recursos de RCC. Esta orientação, com base na clarificação das leis e documentos de política de cada seção, pode tanto definir o conteúdo técnico de cada seção, quanto fornecer suporte sobre o trabalho relevante de gestão e reciclagem de RCC de todos os aspectos da indústria da construção (unidade de gestão, cliente, design, construção, empreiteiros de reciclagem etc.). Ao mesmo tempo, a apresentação dos melhores casos práticos fornecerá referências benéficas para a gestão do governo local e a operação de projetos dos empreiteiros (*ASIAN DEVELOPMENT BANK*, 2018d).

Um bom entendimento e implementação da orientação técnica por parte do público também será benéfico para promover a gestão integrada de RCC, disposição centralizada, reutilização, redução, tratamento inofensivo e nível de reciclagem (*ASIAN DEVELOPMENT BANK*, 2018d).

O documento também menciona a importância de os governos aplicarem instrumentos econômicos para melhorar a gestão de RCC, como: (i) utilização plena das fontes de financiamento existentes para aumentar os investimentos na gestão e reciclagem de RCC, utilizando o capital do governo central para infraestrutura e fundos especiais relevantes para apoiar a construção e operação de instalações de reciclagem de RCC; e (ii) apoio a pesquisas sobre tecnologias e equipamentos de reciclagem de RCC por meio dos planos nacionais ou locais de desenvolvimento tecnológico, incluindo fundos especiais e projetos específicos (*ASIAN DEVELOPMENT BANK*, 2018d).

Além dos pontos mencionados na seção 4.5.6, também foram encontrados aspectos relevantes em relação à gestão macro de RCC nas legislações aplicáveis em toda a União Europeia. De acordo com a Diretiva 2008/98/CE, os Estados-Membros possuíam uma meta de aumentar no mínimo 70% em peso da preparação para a reutilização, reciclagem e valorização de outros materiais, incluindo operações de enchimento utilizando resíduos como substituto de outros materiais, de resíduos da construção civil não perigosos, com exclusão de materiais

naturais definidos na categoria 17 05 04 da lista de resíduos, até 2020 (UNIÃO EUROPEIA, 2008).

Já o Anexo D do Protocolo de Gestão de Resíduos da construção civil da União Europeia, de setembro de 2016, além das práticas mencionadas na seção 4.4.6, também apresenta exemplos de melhores práticas de gestão macro de RCC, divididas nos mesmos temas: (i) identificação, separação na origem e recolha de resíduos; (ii) logística de resíduos; (iii) processamento e tratamento de resíduos; (iv) gestão e garantia da qualidade; e (v) condições políticas e de enquadramento (UNIÃO EUROPEIA, 2008).

As principais práticas encontradas neste Anexo estão descritas a seguir (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a).

- **Práticas inovadoras de gestão macro de RCC na etapa de identificação, separação na origem e recolha de resíduos:**
 - a) **Sistema de certificação neerlandês para os processos de demolição (BRL SVMS-007):** O BRL SVMS-007 consiste em um instrumento voluntário para incentivar processos de demolição de qualidade. São asseguradas aos clientes que se submetem a esta certificação obras de demolição que respeitam o meio ambiente e a segurança dos envolvidos. O sistema é controlado por organismos terceiros e pelo Conselho de Acreditação, com a certificação do processo de demolição ocorrendo em quatro etapas: (i) auditoria de pré-demolição; (ii) plano de gestão de resíduos; (iii) execução; e (iv) relatório final (*SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DE SURVEILLANCE - SGS, 2024*)

- **Práticas inovadoras de gestão de RCC na etapa de logística de resíduos:**
 - a) **TRACIMAT – Exemplo belga de acompanhamento dos RCC:** A *TRACIMAT* é uma organização de gestão de obras de demolição sem fins lucrativos e independente, reconhecida pelas autoridades públicas belgas, que emite um certificado de demolição seletiva para materiais específicos de RCC recolhidos de forma seletiva no local de demolição e submetido a um sistema

de rastreio. O certificado mostra ao processador se o material pode ser considerado “material de baixo risco ambiental”, o que significa que o adquirente (estação de reciclagem) pode ter a certeza de que os RCC cumprem as normas de qualidade para o processamento nas instalações de reciclagem. Por conseguinte, os “materiais de baixo risco ambiental” pode ser processado separadamente dos “materiais de elevado risco ambiental”. Devido à origem desconhecida e/ou à qualidade desconhecida, o “material de elevado risco ambiental” deve ser controlado de forma mais rigorosa do que o “material de baixo risco ambiental”, já que seu processamento acarreta custos mais elevados. Estes fatores promoverão a confiança nas empresas de demolição e no produto reciclado, resultando num mercado melhorado e mais difundido de materiais de construção reciclados (*TRACIMAT*, 2024).

A *TRACIMAT* só emite um certificado de demolição seletiva depois de os resíduos serem submetidos ao sistema de rastreabilidade. O processo de rastreio começa com a elaboração de um inventário de demolição e de um plano de gestão de resíduos por um perito antes das obras de demolição e de desmontagem seletivas. Para garantir a qualidade do inventário de demolição e do plano de gestão de resíduos, estes devem ser elaborados de acordo com um procedimento específico. A *TRACIMAT* verifica a qualidade do inventário de demolição e do plano de gestão de resíduos e emite uma declaração de conformidade. Além disso, verifica se tanto os resíduos perigosos como os resíduos não perigosos, que tornam complexa a reciclagem do material específico de demolição, foram eliminados de forma seletiva e adequada (*TRACIMAT*, 2024).

- **Práticas inovadoras de gestão de RCC na etapa de processamento e tratamento de resíduos:**
 - a) ***OPALIS* - inventário em linha do setor profissional de recuperação de materiais de construção em Bruxelas:** O projeto *OPALIS* consiste num site que representa uma ponte entre os agentes de revenda e os agentes de execução, como os arquitetos e as empresas de construção, fornecendo um

inventário em linha do setor profissional de recuperação de materiais de construção, aumentando assim o potencial tanto da recolha de materiais recuperados como da disponibilização dos mesmos para venda. O site contém informações circunstanciadas e fotografias de todos os agentes num raio correspondente a uma hora de viagem de Bruxelas, fornecendo alguns nomes de empresas em França e nos Países Baixos, bem como informações sobre os diversos tipos de materiais (OPALIS, 2024); e

b) Orientações suecas sobre o tratamento de recursos e resíduos da construção civil:

As orientações suecas sobre o tratamento de recursos e resíduos da construção civil foram originalmente publicadas em 2007 pela Federação de Construção Sueca. A versão mais atualizada das orientações, de 2016, contém textos normativos sobre a indústria relativas aos seguintes processos: (i) auditoria de pré-demolição, juntamente com contratação; (ii) listas de exemplos e guias sobre materiais específicos geralmente encontrados nos locais de demolição que devem ser indicados na documentação relativa à auditoria de pré-demolição; (iii) a reutilização, a triagem de resíduos na origem e a gestão de resíduos, juntamente com a contratação de empresas de demolição; e (iv) a triagem de resíduos na origem e a gestão de resíduos, juntamente com a contratação de empresas de construção (BYGGFORETAGEN, 2024).

• **Práticas inovadoras de gestão de RCC na etapa de gestão e garantia da qualidade:**

a) EMAS - Melhores práticas de gestão ambiental no setor da gestão de resíduos:

O sistema comunitário de ecogestão e auditoria (EMAS) é um sistema de gestão ambiental voluntário para todos os tipos de organizações sejam elas privadas ou públicas, que lhes permite avaliar, comunicar e melhorar o seu desempenho ambiental. Nos termos do artigo 46.º do regulamento sobre o EMAS, o Centro Comum de Investigação (JRC) da Comissão Europeia, em consulta com os Estados-Membros da UE e outras partes interessadas, identifica, avalia e documenta as melhores práticas de gestão ambiental nos

vários setores, incluindo o setor da construção. O JRC ainda elaborará dois documentos que descrevem as melhores práticas de gestão ambiental para cada setor: um documento de referência setorial conciso (DRS) e um relatório técnico. O documento de referência setorial fornecerá informações sobre as melhores práticas de gestão ambiental, a utilização do desempenho ambiental ou dos indicadores principais para setores específicos, os indicadores de referência e os sistemas de classificação que identificam os níveis de desempenho ambiental (CENTRO COMUM DE INVESTIGAÇÃO/DIREÇÃO-GERAL DO AMBIENTE, 2015);

- b) ***QUALIRECYCLE BTP***, uma ferramenta francesa de auditoria concebida para as empresas de gestão de RCC: O sistema de gestão e auditoria voluntário francês *QUALIRECYCLE BTP* é um sistema de gestão desenvolvido pelo *Syndicat des Recycleurs du BTP (SR BTP)* para a gestão de resíduos das empresas, o qual permite às mesmas avaliar, comunicar e melhorar o seu desempenho quanto à conformidade, ao ambiente e à segurança além de demonstrar o seu compromisso com a valorização. O enquadramento do sistema contém cinco seções com os parâmetros obrigatórios e recomendados, com vista à avaliação do nível de: (i) governança e transparência; (ii) conformidade com os requisitos regulamentares; (iii) monitorização dos efeitos ambientais da atividade; (iv) segurança das pessoas e condições de trabalho; e (v) desempenho relativo às taxas de triagem e valorização. O rótulo é concedido pelo comitê de acompanhamento do *Syndicat des Recycleurs du BTP* após uma auditoria de rotulagem realizada por um consultor independente. (*RECYCLEURS DU BTP*, 2024).

Já no “Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões sobre a aplicação da legislação da UE em matéria de resíduos, incluindo o relatório de alerta precoce relativo aos Estados-Membros em risco de incumprimento do objetivo para 2020 de preparação de resíduos urbanos para reutilização/reciclagem”, de 2018, foram encontradas as seguintes informações relevantes na “Caixa 2 – Gestão de resíduos da construção civil” (COMISSÃO EUROPEIA, 2018):

- Limitar as operações de enchimento às que estão em sintonia com a definição constante da Diretiva – Quadro Resíduos;
- Incentivar a adoção de produtos reciclados mediante certificados de qualidade e/ou critérios para determinação do fim do estatuto de resíduo; e
- Aumentar a utilização de contratos públicos ecológicos que exijam conteúdo reciclado.

Por fim, além dos pontos mencionados, cabe destacar que os documentos internacionais estudados também apresentaram particularidades já encontradas durante a análise das legislações estaduais e municipais, como:

- Utilização de técnicas de demolição seletiva no canteiro em obras que contenham demolições (*UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2004; UNIÃO EUROPEIA, 2008; DELOITTE, 2015; WRAP, [s.d.]; EUROPEAN COMMISSION, 2018; EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2021*);
- Adoção de projetos que minimizem as perdas o máximo possível (*UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2004*);
- Ações de incentivo para as construtoras que gerenciam desperdícios e empregam tecnologias de reutilização e reciclagem de RCCV nos empreendimentos (*MINISTRY OF ENVIRONMENT, FOREST AND CLIMATE CHANGE, 2018*);
- Incentivos à divulgação de conhecimentos já disponíveis sobre o assunto entre departamentos acadêmicos, instituições de pesquisas tecnológicas, associações empresariais e de classe, organizações da sociedade civil, entre outros (*MINISTRY OF ENVIRONMENT, FOREST AND CLIMATE CHANGE, 2018*);
- Assegurar e fomentar um mercado fixo para os agregados reciclados por meio de legislação específica que estabeleça incentivos econômicos voltados ao seu processamento e reutilização (*MINISTRY OF ENVIRONMENT, FOREST AND CLIMATE CHANGE, 2018*);
- Monitorar a geração de resíduos dentro de sua jurisdição e estabelecer um banco de dados, atualizando-o uma vez por ano (*MINISTRY OF ENVIRONMENT, FOREST AND CLIMATE CHANGE, 2018*);

- Preferir elementos pré-fabricados a elementos moldados *in loco* sempre que possível (ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d);
- Aproveitamento/reutilização dos resíduos da construção no próprio canteiro de obras (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a);
- Realização de operações de separação e processamento dos RCC no próprio canteiro de obras (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a);
- Implementar ou reforçar mecanismos de conservação de registros e rastreamento de RCC desde o gerador até a unidade de destinação por meio de documentos como o Controle de Transporte de Resíduos (CTR), em formato eletrônico (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a);
- Utilização de resíduos como combustíveis em outros meios de geração de energia (COMISSÃO EUROPEIA, 2016a; TOKYO METROPOLITAN GOVERNMENT, [s.d.]).

4.6 RESULTADOS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

Por meio das pesquisas mencionadas na etapa 3.2.4 desta Dissertação, foram encontrados inicialmente 1.624 artigos acadêmicos sobre as combinações de *strings* mencionadas no Quadro 4. Após a eliminação dos registros repetidos, o espaço amostral foi reduzido para 667 registros.

Com a passagem dos registros pelo critério de classificação C1 (publicações entre 2017 e 2022), o espaço amostral foi reduzido para 365 registros. Após o critério de classificação C2 (leitura de Título), tal número sofreu uma nova redução para 285 documentos.

Após a passagem dos documentos pelos critérios de classificação, iniciou-se a utilização dos critérios de qualificação dos documentos disponibilizados. Por meio do critério Q1 (Disponibilidade para *download* de forma gratuita), o espaço amostral foi novamente reduzido para 262 registros. Já o último critério de qualificação (Q2 – Leitura de Resumo) reduziu o espaço amostral para 182 registros.

Por fim, considerando o tempo necessário para leitura de todos os 182 registros e a repetição de dados relevantes no decorrer das análises, o autor decidiu ler um espaço amostral

reduzido de 120 registros (66% do espaço amostral obtido após a passagem dos 1.624 documentos pelos 2 critérios de classificação e pelos 2 critérios de qualificação).

Após a leitura dos documentos encontrados foram inseridos 110 registros (linhas) na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão. Conforme já mencionado na seção 4.1, destes 110 registros, 57 foram classificados como “Relevância Alta”, os quais foram retirados dos documentos estudados que estão detalhados no Apêndice E, e se referem aos artigos elaborados pelos autores descritos a seguir.

4.6.1 Meckwan e Patel (2019)

O primeiro ponto de destaque do artigo de Meckwan e Patel (2019) se refere à importância da etapa de *design* nos projetos de engenharia, pois, segundo os autores, é nesta etapa que estão os impactos mais decisivos na minimização de RCC.

Além disso, os autores também demonstram os fatores identificados em projetos de construção que impactam na gestão de RCC, dividindo-os em 7 pontos: Projeto, Manuseio, Trabalhador, Gestão, Condição do Local, Aquisição e Externo. Os fatores incluídos em cada um destes pontos estão representados no Quadro 9 (MECKWAN; PATEL, 2019).

Quadro 9 – Fatores Identificados que afetam os RCC em Projetos de Construção

Macro fator	Fator
1. Design	<ol style="list-style-type: none"> 1) Mudanças frequentes no projeto 2) Erros de projeto 3) Falta de informações de projeto 4) Baixa qualidade de projeto 5) Distribuição lenta de desenhos 6) Projeto complicado 7) Designer inexperiente 8) Interação entre diversos especialistas
2. Manuseio	<ol style="list-style-type: none"> 1) Armazenamento incorreto de materiais 2) Manipulação inadequada de materiais 3) Danos durante o transporte 4) Baixa qualidade dos materiais 5) Falha de equipamento 6) Atraso na entrega 7) Ferramentas inadequadas
3. Trabalhador	<ol style="list-style-type: none"> 1) Erros dos trabalhadores 2) Trabalhador incompetente 3) Atitudes inadequadas dos trabalhadores 4) Danos causados pelos trabalhadores 5) Treinamento insuficiente para os trabalhadores 6) Falta de experiência 7) Escassez de trabalhadores qualificados 8) Uso inadequado de materiais 9) Má qualidade de mão de obra 10) Falta de entusiasmo dos trabalhadores 11) Desgaste anormal do equipamento 12) Muito tempo extra de trabalho para os trabalhadores

Quadro 9 – Fatores Identificados que afetam os RCC em Projetos de Construção

Macro fator	Fator
4. Gestão	<ol style="list-style-type: none"> 1) Planejamento inadequado 2) Gerenciamento deficiente do local 3) Controle deficiente 4) Supervisão deficiente 5) Métodos de construção inadequados 6) Falta de coordenação entre as partes 7) Baixa qualidade das informações 8) Fluxo tardio de informações entre as partes 9) Escassez de equipamentos 10) Problema de recursos 11) Retrabalho 12) Períodos de espera 13) Problemas de comunicação 14) Equipamento desatualizado 15) Falta de planos de gerenciamento de resíduos 16) Indisponibilidade de equipamentos 17) Falta de conscientização ambiental
5. Condição do Local	<ol style="list-style-type: none"> 1) Materiais remanescentes no local 2) Condição ruim do local 3) Resíduos resultantes da embalagem 4) Congestionamento do local 5) Problema de iluminação
6. Aquisição	<ol style="list-style-type: none"> 1) Erros de pedido 2) Erro no envio 3) Erros em levantamentos de quantidade 4) Desconhecimento das especificações 5) Espera pela reposição
7. Externo	<ol style="list-style-type: none"> 1) Efeito do clima 2) Acidentes 3) Furto 4) Vandalismo 5) Danos causados por terceiros 6) Festividades 7) Condições locais imprevisíveis 8) Falta de aplicação legislativa

Fonte: Modificado de Meckwan e Patel (2019).

Além desta tabela, os autores também demonstram informações relevantes sobre RCC encontradas por meio da Revisão da Literatura realizada em seu artigo. Os principais pontos presentes nesta Revisão são:

- **Thomas e Wilson:** É possível minimizar o volume de resíduos da construção civil gerados identificando os resíduos potenciais no início do projeto (THOMAS; WILSON, 2013); e
- **Gupta e Malik:** O gerenciamento de resíduos da construção civil precisa se concentrar no desperdício e no custo estimado (GUPTA; MALIK, 2017).

4.6.2 Kelly e Dowd (2017)

Analisando a pesquisa de Kelly e Dowd (2017), observa-se que os autores também demonstram que na fase de design dos projetos está a melhor oportunidade de prevenção de resíduos. Segundo a Norma Britânica BS 8895-1:2013 (*BRITISH STANDARD INSTITUTION – BSI*, 2013), mencionada pelos autores, esta fase é ainda mais relevante quando se nota que as decisões-chave são tomadas e fixadas durante esse período.

A extensão do potencial de redução de resíduos também é destacada por Innes (2004), que sugeriu que 33% de todos os resíduos no local ocorrem devido à falha em implementar medidas de redução de resíduos durante as fases de design. Osmani *et al.* (2008) apoiaram a visão de que um mau design contribui significativamente para a geração de resíduos de construção com base em pesquisas anteriores realizadas nesta área (BOSSINK; BROUWERS, 1996; FANIRAN; CABAN, 1998; EKANAYAKE; OFORI, 2000; CHANDRAKANTHI *et al.*, 2002).

De acordo com os autores, isso se deve, provavelmente, pois os projetistas atribuem relativamente pouca importância ao potencial de redução de resíduos ao selecionar materiais para um projeto (POON *et al.*, 2004). Além disso, segundo Osmani *et al.* (2008), os arquitetos acreditam que os resíduos são principalmente produzidos durante as operações no local e não nas fases de design; apesar de uma notável quantidade de literatura (COVENTRY E GUTHRIE,

1998; GREENWOOD *et al.*, 2003) identificar a fase de design como tendo um papel fundamental na redução de resíduos da construção.

Outro fator potencial que contribui para esse elevado percentual estimado de geração de resíduos durante a fase de design é a complexidade dos materiais e componentes de construção, o próprio design do edifício e a cadeia de suprimentos fragmentada (BALDWIN *et al.*, 2007; KEYS *et al.*, 2000), além da falta de pesquisa nas fases de design, a qual ainda se encontra em seus estágios iniciais (LU; YUAN, 2011).

Além da importância dada à fase de Projetos/Design, os autores também realizaram um estudo de caso comparando as estratégias de gestão de resíduos implementadas nas fases de projeto e construção de dois edifícios: o Edifício de Biologia Humana do Campus de Galway a Universidade Nacional da Irlanda (do original *Human Biology Building – HBB*) e a extensão do Hospital Mater Adult (*Mater Adult Hospital – MAH*) pertencente ao Hospital da Universidade Mater Misericordiae em Dublin (KELLY; DOWD, 2017).

Comparando as estratégias utilizadas nos dois edifícios, os autores encontraram os seguintes pontos relevantes (KELLY; DOWD, 2017):

- **Design para reutilização e reciclagem:**
 - a) **Reutilização e recuperação de materiais de escavações, demolições e obras de reforma:** Nos dois projetos os materiais escavados que não seriam utilizados nos próprios terrenos foram transportados para locais que necessitavam de solos e rochas sólidas como trabalhos preliminares. Quanto ao concreto proveniente de obras de demolição, os resíduos gerados no *MAH* foram transportados para fora do canteiro para serem reciclados (triturados) e vendidos como enchimentos da classe 6F4;
- **Design para aquisição eficiente de resíduos:**
 - a) **Envolvimento coordenado precoce das partes interessadas do projeto:** Nos dois projetos houve o envolvimento coordenado das partes interessadas nas

primeiras etapas de cada projeto. A abordagem de design e construção facilitou a cooperação entre as equipes de projeto e de construção (empreiteiro e subempreiteiros de instalações mecânicas e elétricas). Além disso, durante o desenvolvimento dos projetos, vários "congelamentos de design" foram introduzidos para evitar mudanças subsequentes, por exemplo, layouts de salas, requisitos de acomodação e equipamentos de serviços;

b) Boa comunicação do projeto com responsabilidades claramente definidas:

Um PGRS detalhado foi preparado para ambos os projetos, o qual incluía recomendações sobre esquemas de "retomada" de fornecedores, cooperação com subempreiteiros, educação e treinamento por meio de conversas específicas no local, auditorias de resíduos, registro de informações e destacava uma estrutura clara de comunicação e responsabilidade para cada projeto; e

c) Documentação clara de aquisição e concorrência, incluindo a definição de indicadores-chave de desempenho, a exigência de planos de redução de resíduos e a comparação da produção de resíduos:

No projeto *HBB*, um *KPI* (*Key Performance Indicator*) mínimo de demolição de 90% por peso ou 80% por volume do material no edifício existente a ser reutilizado e/ou reciclado foi estabelecido. Além disso, um *KPI* mínimo de 75% por peso ou 65% por volume de resíduos de construção não perigosos gerados pelas obras de construção a serem desviados de aterros foi estabelecido, com um *benchmark* mais detalhado de resíduos de construção não perigosos para não exceder 15 m³/100 m² de área útil bruta ou 7,7 t/100 m² de área útil bruta recomendada. Já no projeto *MAH*, um alvo de resíduos *BREEAM* foi estabelecido em <9,2 m³ ou <4,7 t por 100 m² (área útil bruta).

• **Design para otimização de materiais:**

- a) **Minimização de escavações:** No projeto *HBB*, a profundidade do subsolo foi minimizada em 1,5 m para reduzir os requisitos de escavação, evitando 2500 m³ ou 7100 t de materiais escavados; e

b) **Coordenação dimensional:** O design geral do edifício *MAH* foi baseado em um layout de grade consistindo de seções de 8,4 m no subsolo para otimizar o estacionamento de carros e alvenaria entre colunas, com o restante do edifício em seções de 7,2 m (múltiplo de 600 mm e 900 mm de grades) para otimizar o layout do hospital.

- **Design para desmontagem e flexibilidade:**

a) **Adaptável e flexível no plano, detalhe e estrutura:** No projeto *MAH*, as divisórias internas foram projetadas para serem removidas e alteradas para facilitar a reconfiguração do layout interno. As estruturas de aço e fachadas metálicas parafusadas usadas na área da planta do telhado podem ser facilmente desmontadas;

b) **Um regime de fixação para facilitar a remoção de componentes:** Alguns elementos no projeto *MAH* tinham um regime de fixação alinhado com os princípios de desmontagem - ou seja, as estruturas de aço e fachadas metálicas parafusadas usadas na área da planta do telhado.

c) **Especificar materiais duráveis para facilitar as oportunidades máximas de reutilização:** Em ambos os projetos, foram especificados materiais duráveis;

d) **Planejar serviços e rotas de serviço para fácil manutenção e substituição:** Em ambos os projetos, os subempreiteiros de serviços de construção foram envolvidos precocemente no processo de construção para garantir coordenação e uma estratégia de manutenção apropriada.

4.6.3 Wu, Yu e Poon (2019)

Em seu artigo Wu, Yu e Poon (2019) mencionam estratégias interessantes de minimização de resíduos já implementadas em Hong Kong que também podem ser utilizadas em canteiros de obras em outros países, como: mapeamento dos processos de manejo de

resíduos (LU *et al.*, 2006), uso de tecnologias de baixo resíduo (ZHANG *et al.*, 2012) e uso de *big data* (CHEN *et al.*, 2018a; LU, 2019).

Além disso, de acordo com os autores, devido aos grandes esforços relacionadas a estas estratégias, a taxa de reciclagem de resíduos da construção atingiu 92% em Hong Kong em 2019 (EPD, 2019).

4.6.4 Dalla Zanna, Fernandes e Gasparine (2017)

Em seu artigo, os autores Dalla Zanna, Fernandes e Gasparine (2017) apresentam como primeira particularidade relevante a classificação visual da segregação de RCC em 3 níveis, sendo eles: (i) boa segregação (todos os resíduos no recipiente são do mesmo tipo); (ii) segregação razoável (é possível distinguir a presença de um resíduo dominante, bem como a presença de outro tipo de resíduo em menor quantidade no recipiente); e (iii) má segregação (não é possível distinguir um tipo específico de resíduo nos recipientes devido a um alto nível de mistura e/ou se há resíduos perigosos presentes).

Além desta classificação da segregação, os autores também apresentam um sistema de indicadores para expressar o desempenho da Gestão de Resíduos da Construção Civil. Os indicadores utilizados pelos autores foram (DALLA ZANNA; FERNANDES; GASPARINE, 2017):

- **Indicadores de Resíduos Gerados:**
 - a) **Volume de Resíduos (m³):** Definido como a soma do volume de todos os resíduos gerados em um determinado período podendo também ser calculado para cada tipo de resíduo identificado como predominante no recipiente; e
 - b) **Altura do Resíduo (cm):** um indicador que relaciona o volume de resíduos gerados com a área construída total, ou m³ (gerado) m⁻² (construído). Este indicador permite uma comparação parametrizada da geração de resíduos em diferentes locais e é definido pela Equação (1) a seguir:

$$Alt.res = \frac{Vol.res}{ATC} X 100 \quad (1)$$

Onde: Alt. res = altura do resíduo; Vol.res = volume do resíduo; e ATC = área total construída.

- **Indicadores de Custo:**

- a) **Custo da Matéria-prima:** Para o custo da matéria-prima, o total é calculado usando o custo da matéria-prima de construção que se tornou resíduo multiplicado pela quantidade gerada, utilizando somente o resíduo predominante no recipiente selecionado no momento do preenchimento do CTR (Controle de Transporte dos Resíduos). Este indicador consiste em uma estimativa do custo do Material de RCC;
- b) **Custo do transporte:** o total é calculado usando a quantidade de resíduos gerados multiplicada pelo custo do transporte para esses resíduos;
- c) **Custo da disposição:** o total é calculado usando a quantidade de resíduos gerados multiplicada pelo custo de sua disposição;
- d) **Custo total da Gestão de Resíduos:** é a soma dos custos de matéria-prima desperdiçada, além do custo de transporte e disposição desse resíduo; e
- e) **Custo por metro quadrado construído (R\$ m⁻²):** é a relação entre o custo total da gestão de resíduos e a área total construída. Este indicador permite uma comparação parametrizada da geração de resíduos em diferentes locais.

- **Indicadores de Qualidade de Segregação de Resíduos:**

- a) **Indicador de Qualidade de Segregação de Resíduos (WSQI):** A Qualidade de Segregação de Resíduos representa o número total de recipientes dividido pelo nível de qualidade de segregação, classificado como “Bom”, “Justo” ou

“Ruim”. Cada tipo de avaliação possui um determinado peso, sendo 3 para “Bom”, 2 para “Justo” e 1 para “Ruim”. O indicador é definido como a média ponderada de todas as avaliações realizadas ao longo de um período considerando o peso de cada tipo de resíduo.

- **Avaliação Geral da Gestão de Resíduos:**

a) **Índice de Efetividade da Gestão de Resíduos (*Waste Management Effectiveness Index – WMEI*):** é a relação entre a meta estabelecida para o indicador e os resultados alcançados para geração, custo e segregação de resíduos. Um WMEI igual a 1 indica que a meta foi atingida. Resultados acima de 1 indicam que a meta foi ultrapassada, e resultados abaixo de 1 que a meta não foi alcançada; e

b) **Índice de Qualidade da Gestão de Resíduos (*Waste Quality Management Index – WQMI*):** representa a média dos três WMEI e resume o resultado geral da gestão de resíduos em relação às metas estabelecidas pela empresa.

Com estes indicadores, os autores entendem que é possível refletir, tanto quantitativa quanto qualitativamente, sobre os aspectos relevantes da gestão de resíduos de um local, possibilitando a avaliação de desempenho e facilitando as decisões de gestão (DALLA ZANNA, FERNANDES, GASPARINE, 2017).

A Altura do Resíduo Gerado (cm), o custo por área construída (R\$ m⁻²) e os Indicadores de Qualidade de Segregação de Resíduos (WSQI) são parâmetros que possibilitam definir os resíduos e criar metas mensuráveis para sua gestão, as quais poderiam ser representadas pelo Indicador de Efetividade da Gestão de Resíduos (WMEI) (DALLA ZANNA, FERNANDES, GASPARINE, 2017).

Já o Índice de Qualidade da Gestão de Resíduos (WMQI) mistura diferentes aspectos da gestão de resíduos em um índice que reflete os objetivos e resultados para a gestão de resíduos de cada local. No estudo realizado pelos autores, este índice foi facilmente

compreendido pela equipe de construção e aceito como uma possível forma de facilitar a gestão de resíduos (DALLA ZANNA, FERNANDES, GASPARINE, 2017).

4.6.5 Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020)

Em seu trabalho, Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020) apresentam uma Tabela contendo indicadores de técnicas de redução de resíduos aliadas à construção sustentável em 7 atividades, das quais se destacam: (i) Reavaliação ou redesign; (ii) Reutilização; (iii) Reciclagem; e (iv) Recuperação de materiais; e (v) Plano de gestão de resíduos no local. Os indicadores apresentados pelos autores estão detalhados no Quadro 10.

Quadro 10 – Principais indicadores de técnicas de redução de resíduos aliadas à construção sustentável

Macro tema	Indicador
Reavaliação ou Redesign	- Acordo contratual sobre redução de resíduos; e - Design e compra de materiais reutilizáveis, reciclados ou renováveis de forma sustentável.
Reutilização	- Minimizar a quantidade e maximizar a qualidade dos materiais.
Reciclagem	- Desenvolver mercados de materiais secundários resilientes.
Recuperação de Materiais	- Maximizar a recuperação de materiais; e - Recuperar recursos e energia (se possível).
Plano de Gestão de Resíduos no Local	- Conscientização entre clientes e empreiteiros; e - Envolvimento de especialistas em resíduos no local.

Fonte: Modificado de Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).

4.6.6 Gálvez-Martos *et al.* (2018)

Segundo Gálvez-Martos *et al.* (2018), as melhores práticas de gestão de RCC essencialmente operacionalizam princípios de economia circular dentro do setor de construção civil. A maioria das melhores práticas definidas, por exemplo, na demolição, são orientadas para maximizar a reutilização de elementos, facilitar a reciclagem, recuperação de materiais e usos secundários de materiais com a utilização de, por exemplo, esquemas de garantia de qualidade para materiais derivados de resíduos.

Além disso, os autores também demonstram algumas oportunidades de prevenção de resíduos na fase de projeto, com destaque para as oportunidades descritas no Quadro 11 (GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018).

Quadro 11 – Oportunidades de prevenção de resíduos na fase de design

Origem do Resíduo	Oportunidade de Prevenção
Demolição	Reutilização da estrutura existente e facilitação da máxima taxa de recuperação durante a desmontagem.
Materiais disponíveis no local	Reutilização, reciclagem e estabelecimento de metas de reciclagem/reutilização.
Locais temporários	Escolha de método de construção apropriado.
Material escavado	Profundidades corretas de fundação e terraplenagem para obter um corte zero.
Mudanças no design	O design deve ser flexível e adaptável, embora mudanças de última hora devam ser evitadas para reduzir a quantidade de perdas de material
Sobras de materiais	Simplificar a forma do edifício para reduzir cortes no local e use dimensões do fabricante para elementos específicos.

Fonte: Modificado de Gálvez-Martos *et al.* (2018).

Além dos pontos mencionados na Tabela, os autores também destacam quatro atividades principais de gestão de resíduos em locais de construção e de demolição (GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018):

- **Estimativa da geração de resíduos e provisão de recursos.** As melhores opções de segregação para um canteiro de obras devem ser analisadas antecipadamente à atividade de construção para que os recursos possam ser alocados para a gestão de resíduos. A estimativa dos resíduos gerados durante a atividade de construção deve ser baseada em uma estimativa feita sob medida (MARTÍNEZ-BERTRAND; TOMÉ, 2009), otimizada com a ajuda de experiências anteriores dos empreiteiros;
- **Técnicas de coleta e segregação.** Diversas técnicas de coleta são necessárias para auxiliar os trabalhadores do canteiro de obras a executarem corretamente. As práticas padrão identificadas têm as seguintes bases comuns: (i) os recipientes de coleta de resíduos são identificados para cada tipo de resíduo; o tamanho de cada recipiente é apropriado levando em consideração a quantidade estimada a ser gerada, o número de recipientes e o número previsto de entregas de resíduos; (ii)

os recipientes de coleta de resíduos geralmente são colocados no mesmo ponto do canteiro de obras (por exemplo, rotulados como “ecoponto”, “ponto de reciclagem”, etc.); (iii) pontos temporários de coleta são geralmente colocados ao lado de uma posição de trabalho para aumentar a eficiência da segregação de resíduos, mas isso geralmente depende das características da posição; (iv) resíduos perigosos são coletados em um ponto separado, protegido do vento, chuva e sobre uma superfície selada com as medidas apropriadas para evitar e minimizar a poluição da água da chuva; (v) todos os trabalhadores, independentemente se são da empresa principal ou de um subcontratado, estão cientes das técnicas de gestão de resíduos no local, (vi) há espaço suficiente disponível para entregas de resíduos por caminhão; e (vii) os pontos de coleta de resíduos são identificados em um plano do local e o plano é disponibilizado para todos os atores relevantes;

- **Procedimentos e metodologias para garantir as melhores opções de gestão.**

Essas técnicas geralmente se referem a técnicas de controle no local, como inspeção visual, registro computadorizado ou fotográfico, sinais, símbolos e informações, emissão e controle de certificados de gestão de resíduos e, se necessário, pré-tratamento de resíduos disponível no local quando altas taxas de segregação precisam ser alcançadas, por exemplo, compactadores, rolos compactadores, prensas de papelão, trituradores de madeira ou britadores portáteis; e

- **Provisão de logística de resíduos.** Normalmente, são observados dois métodos de coleta no local: reativa e programada. Para grandes frações, como frações inertes de resíduos da construção civil, é necessária uma coleta reativa, por exemplo, uma caçamba cheia é substituída por outra vazia conforme a demanda. Para volumes menores de resíduos de geração constante, como aqueles semelhantes aos resíduos sólidos municipais, a coleta programada é a melhor opção.

Outra particularidade identificada pelos autores se refere às melhores práticas identificadas de gestão ambiental, demonstrando suas aplicabilidades econômicas e os benefícios ambientais alcançáveis. O Quadro 12 demonstra as melhores práticas mais relevantes para esta Dissertação (GÁLVEZ-MARTOS et al., 2018).

Quadro 12 – Aplicabilidade, economia e benefícios ambientais alcançáveis em algumas das melhores práticas de gestão ambiental para RCC segundo Galvez-Martos *et al.* (2018)

Melhores Práticas de Gestão Ambiental	Aplicabilidade	Economia	Benefício Ambiental Alcançável
Eliminação do desperdício por projeto	Um método moderno de construção requer instalações de fabricação e locais com capacidade suficiente para alguns elementos específicos. O uso estendido de métodos tradicionais de construção, tendências de design, disponibilidade de espaço, disponibilidade de trabalhadores qualificados e o mercado regional são os principais elementos que condicionam a aplicabilidade das práticas de eliminação do desperdício por projeto.	A economia geralmente é favorável, uma vez que são alcançadas economias de custo tanto no fornecimento de materiais quanto na disposição de resíduos. A construção mais rápida também torna essa uma técnica competitiva. As economias de custo variam de 0,1 a 1% do valor total do projeto.	Redução de até 75% do desperdício alcançada.
Gestão e prevenção de resíduos no local	Baixas taxas de recuperação de materiais em alguns países não necessariamente significam uma má gestão, mas também um sinal de falta de fiscalização, falta de instalações e/ou baixa acessibilidade aos serviços de gestão de resíduos (BIOIS, 2016).	Em geral, os custos de gestão de resíduos em projetos de construção não ultrapassam 3% do custo total; portanto, as economias de custo através da prevenção de resíduos podem alcançar apenas uma pequena economia no local.	Casos exemplares com até 99% dos resíduos desviados de aterros.

Quadro 12 – Aplicabilidade, economia e benefícios ambientais alcançáveis em algumas das melhores práticas de gestão ambiental para RCC segundo Galvez-Martos *et al.* (2018)

Melhores Práticas de Gestão Ambiental	Aplicabilidade	Economia	Benefício Ambiental Alcançável
Eficiência no uso de materiais	A disponibilidade de espaço e a existência de centros de consolidação próximos são aspectos-chave do armazenamento de materiais nos canteiros de obras (<i>TRANSPORT AND TRAVEL RESEARCH, 2010</i>).	Centros de consolidação ou entregas just-in-time permitem uma melhor organização do local, reduzem o desperdício e aumentam a produtividade do local, portanto, as economias geralmente são alcançadas. Centros de consolidação representam menos viagens de veículos do que entregas <i>just-in-time</i> .	O uso de centros de consolidação reduziu em grande parte a quantidade de resíduos derivados do manuseio de estoque. Exemplos para placas de gesso demonstraram economias de materiais de até 15%.
Reutilização de Materiais	A falta de um mercado sólido para produtos recuperados e a disponibilidade de um grande estoque desses materiais são uma das principais barreiras para a aplicabilidade desses materiais.	A reutilização de auxiliares é uma medida totalmente aplicada devido ao pleno sentido econômico desse enfoque. No entanto, o uso de materiais recuperados como fonte convencional de produtos na construção ainda está distante. Por exemplo, o custo de tijolos recuperados pode ser 100% mais caro do que os convencionais, mas estruturas de aço recuperadas podem economizar até 50% nos custos de investimento.	É possível alcançar uma quantidade virtualmente zero de resíduos enviados para aterros se a reutilização for integrada a outras melhores práticas.

Fonte: Modificado de Gálvez-Martos *et al.* (2018).

4.6.7 Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021)

Em seu artigo Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021) apresentam uma tabela de melhores práticas para redução, reutilização e reciclagem de RCC, divididas em duas fases: “Pré-Construção/Pré-Demolição” e “Construção/Demolição”. As principais práticas apresentadas pelos autores estão detalhadas a seguir:

- **Fase de Pré-Construção/Pré-Demolição (YEHEYIS *et al.*, 2013; ESA; HALOG; RIGAMONTI, 2017; GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018; CAI; WALDMAN, 2019; KABIRIFAR *et al.*, 2020; OSOBAJO *et al.*, 2020):**
 - a) **Maximizar a recuperação de materiais nas fases de fim de vida:** número limitado de diferentes materiais e componentes; materiais fáceis de separar; tamanhos padronizados; e
 - b) Planejar adequadamente a gestão da cadeia de abastecimento para controlar os estoques de materiais.
- **Fase de Construção/Demolição (YEHEYIS *et al.*, 2013; ESA; HALOG; RIGAMONTI, 2017; GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018; CAI; WALDMANN, 2019; KABIRIFAR *et al.*, 2020; OGUNMAKINDE *et al.*, 2021):**
 - a) Separar e processar fluxos de resíduos monofracionados sempre que possível;
 - b) Promover logística reversa e outros esquemas de negócios a negócios;
 - c) Monitorar as práticas de triagem de resíduos no local e fora do local; e
 - d) Assegurar o armazenamento adequado de resíduos para evitar a degradação do material.

4.6.8 Ruiz, Ramón e Domingo (2020)

Ruiz, Ramón e Domingo (2020) demonstram em seu trabalho uma visão geral das iniciativas atuais de Economia Circular no setor de RCC. Dentre elas se destacam as iniciativas a seguir:

- **European Commission (2014):** Neste documento demonstram a importância do estabelecimento de um quadro para avaliação de desempenho ambiental de edifícios. Além disso o quadro contém ações focadas na fase de *design* para melhorar a gestão de RCC e aumentar a reciclabilidade e o conteúdo reciclado em materiais de construção, aumentando assim a eficiência de recursos no setor da Construção Civil;
- **European Commission (2015a):** Neste documento, destaca-se o estabelecimento de três medidas potenciais para garantir recursos para a recuperação e gestão adequada de RCC, assim como facilitar a avaliação ambiental de edifícios: (i) Desenvolvimento de um protocolo voluntário para reciclagem; e (ii) Design de um conjunto de indicadores-chave para a avaliação ambiental de edifícios e o desenvolvimento de incentivos para sua aplicação;
- **Infrastructure and Projects Authority (2016):** Esta estratégia introduz um programa para a adoção de um sistema de Modelagem de Informações de Construção (BIM) 3D como estratégia para melhorar a produtividade e eficiência em projetos de construção, possibilitando o desenvolvimento de modelos de design mais eficientes. O documento também introduz uma ferramenta para coleta de informações valiosas relacionadas ao ciclo de vida dos edifícios, oferecendo oportunidades para melhor gerenciamento de edifícios durante a fase de construção e na fase de fim de vida e compartilhando informações precisas ao longo da cadeia de valor da construção; e
- **WRAP (2011, 2013):** O programa tem como objetivo fornecer suporte para autoridades locais, empresas e indivíduos na implementação de práticas de redução de resíduos, reciclagem e uso eficiente de recursos, fornecendo orientação a construtores e outros atores relacionados na implementação de boas práticas nas fases de pré-construção, construção e fim de vida para aprimorar a minimização de resíduos e ações de reutilização. Dentre as práticas comuns estão: (i) design para prevenção de resíduos e desconstrução; (ii) uso de ferramentas BIM; (iii) reutilização, reciclagem e eficiência energética e hídrica; (iv) protocolos de qualidade para materiais recuperados; e (v) consultoria financeira.

4.6.9 Fonsêca *et al.* (2022)

Em seu artigo Fonsêca *et al.* (2022) apresentam indicadores de sustentabilidade para auxiliar o gerenciamento de RCC em canteiros de obras, levando em conta o estudo de caso realizado em canteiros de obras de Recife - PE. Os indicadores foram divididos em 5 temas distintos, sendo eles:

- Indicadores de sustentabilidade para o Gerenciamento de Obras;
- Indicadores de sustentabilidade para o Controle de Documentação;
- Indicadores de sustentabilidade para Segregação e Acondicionamento Inicial de RCC;
- Indicadores de sustentabilidade para Transporte e Acondicionamento Final de resíduos;
- Indicadores de sustentabilidade para Destinação Final dos Resíduos; e
- Indicadores de sustentabilidade para o Gerenciamento de Resíduos Perigosos.

No Quadro 13 estão representados os indicadores sugeridos pelos autores mais relevantes ao intuito desta dissertação, dividindo-os em seus temas (FONSÊCA *et al.*, 2022):

Quadro 13 – Principais indicadores de sustentabilidade sugeridos por Fonsêca *et al.* (2022)

Macro tema	Indicador	Tendência à sustentabilidade
Gerenciamento de Obras	<ul style="list-style-type: none"> - Planejamento da minimização de Resíduos (G01). - Execução de serviços na obra (G02). - Suprimentos / compras (G03). 	<ul style="list-style-type: none"> - Metodologia de produção mais limpa / Técnicas de racionalização, padronização e otimização. - Controle da padronização e uso de equipamentos adequados para execução dos serviços / Diagnóstico das perdas no canteiro de obras - Gerenciamento integrado de Compras e Estoque.
Controle de Documentação	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação do PGRCC (CD01). - Tickets de Pesagem Manifestos e/ou Controle de Resíduos (CD02). - Controle da Destinação de Resíduos Sólidos da Construção Civil (CD03). 	<ul style="list-style-type: none"> - No local da Obra /Realização do Relatório Periódico compatível com as fases da Obra. - Documentação armazenada em meio físico e digital. - Possui parceria com cooperativas com contrato.
Segregação e Acondicionamento Inicial de RCC	<ul style="list-style-type: none"> - Segregação de resíduos (SA01). - Acondicionamento inicial (SA02). - Disposição de equipamentos de coleta seletiva (SA03). - Sinalização (SA04). - Monitoramento (SA05). 	<ul style="list-style-type: none"> - Triagem na origem da geração por tipo de material de suas respectivas classes de resíduos. - Bombonas / coletores / sacos de embalagem / sacos de rafia / Pilhas formadas separadas por classes próximas aos locais de transporte interno, nos respectivos pavimentos. - Conformidade com PGRCC e compatível com as fases da Obra. - Sinalização adequada dos locais de acondicionamento. - Monitoramento da realização da triagem / segregação / acondicionamento / Autonomia para ação preventiva e corretiva.

Quadro 13 – Principais indicadores de sustentabilidade sugeridos por Fonsêca *et al.* (2022)

Macro tema	Indicador	Tendência à sustentabilidade
Transporte e Acondicionamento Final de Resíduos	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte interno (TA01). - Armazenamento final em caçambas (TA02). - Armazenamento final em bags / baias (TA03). - Limpeza (TA04). - Transporte externo (TA05). 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização de dutos verticais e recicláveis segregados. - Segregação entre os resíduos de gesso, madeira e entulho. - Resíduos bem segregados / local sinalizado - Ausência de resíduos na proximidade da área de armazenamento de resíduos. - Resíduos Classe A e C transportados em caminhão com equipamento poliguindaste ou caminhão com caçamba basculante sempre coberto com lona / Resíduos Classe B transportados em caminhão ou outro veículo de carga, desde que os <i>bags</i> sejam retirados fechados para impedir mistura com outros resíduos na carroceria e dispersão durante o transporte.
Destinação Final de Resíduos	<ul style="list-style-type: none"> - Destinação dos resíduos sólidos reciclados (DF01). - Resíduos não recicláveis (DF02). - Encaminhamento dos Resíduos de construção e o gesso (DF03). - Reciclagem dos resíduos de construção (DF04). - Reutilização de resíduos de construção (DF05). 	<ul style="list-style-type: none"> - Encaminhamento para empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos. - Logística reversa. - Destinação permanente em usina de reciclagem de RCC / empresa especializada na destinação adequada do gesso. - Utilização de agregados reciclados em argamassa ou concreto. - Reutilização de resíduos na própria obra.

Quadro 13 – Principais indicadores de sustentabilidade sugeridos por Fonsêca *et al.* (2022)

Macro tema	Indicador	Tendência à sustentabilidade
Gerenciamento de Resíduos Perigosos	<ul style="list-style-type: none"> - Segregação e o acondicionamento inicial (RP01). - Acondicionamento final dos resíduos perigosos (RP02). - Treinamento trabalhadores (RP03). - Transporte dos resíduos perigosos (RP04). - Destinação dos resíduos perigosos (RP05). 	<ul style="list-style-type: none"> - Em bombonas / em caixotes / na própria embalagem / em recipiente resistente a vazamento / com identificação e sinalização. - Em contêineres / em tambores / com sinalização / bem ventilada / em área coberta / sobre base impermeável para impedir a lixiviação e a percolação para o solo. - Programa para Treinamento / Capacitação de Pessoal / Treinamento periódico - Transportados em caminhão ou outro veículo de carga / sempre cobertos. - Encaminhados a aterros licenciados para recepção de resíduos perigosos / devolução na própria embalagem do recipiente para a empresa fornecedora (logística reversa).

Fonte: Modificado de Fonsêca *et al.* (2022)

4.6.10 Won e Cheng (2017)

Em seu artigo, Won e Cheng (2017) destacam as principais limitações existentes na gestão de RCC em canteiros de obras, as quais foram identificadas pelos autores em trabalhos anteriores e divididas em 3 temas:

- Limitações relacionadas a processos no gerenciamento e minimização de RCC;
- Limitações relacionadas à tecnologia no gerenciamento e minimização de RCC; e
- Limitações relacionadas a políticas no gerenciamento e minimização de RCC.

As principais limitações identificadas pelos autores estão detalhadas nos Quadros 14 e 15 (WON; CHENG, 2017):

Quadro 14 – Limitações relacionadas a processos no gerenciamento e minimização de RCC

Fase do Projeto	Limitação Identificada
Planejamento/design/construção	Tipos e quantidades de RCC gerados não foram estimados para cada fase do trabalho.
Planejamento	O orçamento não incluiu dados detalhados de custos sobre estratégias de gerenciamento de RCC (mão de obra, elementos auxiliares, transporte, impostos, etc.)
Planejamento	Um coordenador para o plano de gerenciamento de RCC não foi designado e responsável por garantir que o plano fosse seguido no local.
Planejamento/design	Todos os interessados não foram envolvidos na coordenação do gerenciamento de RCC durante as fases de planejamento e design.
Design	A quantidade de RCC reutilizados e reciclados foi limitada.
Design	Possibilidades de utilização de atividades de construção que possam admitir materiais reutilizáveis não foram analisadas.
Design	Mudanças de design ocorreram frequentemente.
Design	Padronização e coordenação dimensional de elementos de construção não foram consideradas durante a fase de design.
Design/Construção	A comunicação entre os participantes do projeto para melhorar o gerenciamento e minimização de RCC foi ruim.
Construção	Manipulação desnecessária de materiais que pode levar à fratura de materiais no local ocorreu frequentemente.
Construção	Longos períodos de armazenamento no local não foram evitados.
Construção	Reuniões de coordenação e revisão para gerenciamento e minimização de RCC não foram planejadas de forma adequada e regular.
Construção	Um plano de gerenciamento de RCC precisa ser aplicado e a conformidade não foi garantida no local.

Fonte: Modificado de Won e Cheng (2017).

Quadro 15 – Limitações relacionadas a políticas no gerenciamento e minimização de RCC

Fase do Projeto	Limitação Identificada
Construção	As instruções para os fabricantes coletarem RCC não foram respeitadas.
Construção	Os subcontratados não se comprometiam por escrito a serem responsáveis pela implementação das políticas de gerenciamento de RCC no local.
Sem fase associada	Regulamentações adequadas de RCC não foram fornecidas aos profissionais.
Sem fase associada	Esquemas de cobrança adequados para RCC não foram desenvolvidos.
Sem fase associada	Os mercados para materiais reciclados não foram garantidos.
Sem fase associada	A P&D no gerenciamento de RCC ainda estava faltando.
Sem fase associada	Todos os participantes não estavam cientes da necessidade de gerenciamento de RCC.
Sem fase associada	Treinamento vocacional adequado no gerenciamento de RCC não foi fornecido.
Sem fase associada	Culturas de minimização de RCC dentro das instituições raramente foram estabelecidas.

Fonte: Modificado de Won e Cheng (2017).

4.6.11 Particularidades de Gestão Macro de RCC encontradas no Espaço Amostral de Artigos Acadêmicos

Além das particularidades mencionadas anteriormente, assim como foi feito nas demais etapas desta Dissertação, durante a análise dos documentos relacionados à gestão de resíduos da construção civil encontrados por meio da RBS, também foram incluídos na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão registros relevantes referentes à Gestão Macro de RCC.

O primeiro ponto de destaque foi encontrado no artigo de Meckwan e Patel (2019). Além dos pontos mencionados na seção 4.6.1, por meio da Revisão da Literatura, os autores também encontraram informações relevantes sobre a gestão macro de RCC, sendo elas:

- **Gupta e Rani:** É importante a fixação de padrões que possam ser usados para determinar qual percentual de resíduo pode ser utilizado (GUPTA; RANI, 2016);
e
- **Chen et al.:** Considerando que a maioria das pesquisas existentes investigou a reciclagem de resíduos da construção civil a partir da perspectiva de um único

participante, mais pesquisas são necessárias para explorar a participação multissetorial e a governança colaborativa (CHEN *et al.*, 2018b).

O segundo registro relevante foi observado no trabalho de Shooshtarian *et al.* (2019). Em seu artigo os autores afirmam que os projetistas geralmente não consideram oportunidades de minimização de resíduos nos projetos a menos que sejam obrigados a cumprir ferramentas de classificação de edifícios como o *Green Star*, aplicável no contexto australiano. Sendo assim, os autores entendem que o GBCA (órgão responsável pela certificação ambiental) poderia melhorar os parâmetros do *Green Star* de modo a abordar os impactos relacionados aos três principais obstáculos em relação às práticas de gestão de resíduos: falta de interesse econômico, papéis profissionais e menor responsabilidade das partes interessadas na construção.

Por mais que esse artigo indique possibilidades de melhorias para uma certificação específica ao contexto australiano, entende-se que os obstáculos demonstrados aos autores também deveriam ser considerados pelos governos municipais e estaduais ao revisar suas Políticas de Gestão de Resíduos da Construção Civil.

Já Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020), além de demonstrarem indicadores direcionados aos geradores de RCC, conforme já demonstrado no tópico 4.6.5, também apresentam 2 indicadores relacionados à gestão macro de RCC – no caso, “Implementação de Políticas”: (i) imposição de taxa de aterro pelo governo; e (ii) instituição de leis contra incineração. Entende-se que os dois indicadores podem ser adotados no contexto nacional para aperfeiçoar a gestão de resíduos da construção civil em um contexto geral.

Além dos pontos mencionados na seção 4.5.9, Wu, Yu, Poon (2020) também destacaram ações macro de gestão de RCC relevantes nos países estudados, conforme demonstrado a seguir:

- **Suécia:** (i) Proibição de aterramento de frações de resíduos combustíveis; (ii) Tecnologias avançadas para incineração de RCC;
- **Japão e Singapura:** Lista de empresas de reciclagem;
- **Coreia do Sul:** Sistema de gestão de informações para troca de resíduos; e

- **Austrália:** Compreensão abrangente do status de gerenciamento de RCC de cada estado.

Já na pesquisa de Lu (2018), utilizando mais de nove milhões de registros de descarte de resíduos ao longo de oito anos em Hong Kong e uma árvore de decisão como principal ferramenta analítica, o autor identificou 546 caminhões de transporte de resíduos suspeitos de estarem envolvidos em despejo ilegal.

Por meio de análises de *big data*, características previamente desconhecidas dos infratores de despejo ilegal foram identificadas, como: impaciência ao aguardar em filas nos locais governamentais adequados para o despejo de resíduos e o fato de grande parte destes infratores são autônomos. Segundo o autor, estas características coexistem com motivações conhecidas como economia de tempo e custo, ou, simplesmente, conveniência (LU, 2019).

A utilização destes resultados analíticos oferece informações importantes de apoio à decisão para intervenções de acompanhamento para combater o despejo ilegal destes resíduos. Porém, o próprio autor destaca que a análise de *big data* tem sérias ramificações éticas potenciais e deve ser tratada com cautela. Seu poder está em descobrir padrões ocultos, correlações desconhecidas e outras informações úteis. Ao mesmo tempo, ela pode levar à violação da privacidade e a outras questões que ainda não têm uma explicação teórica prontamente disponível ou uma solução prática (LU, 2019).

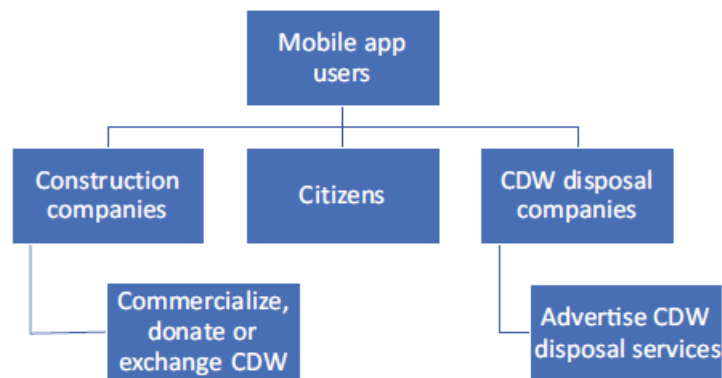
Chaves, Siman e Sena (2020a, 2020b) também apresentam dois indicadores relevantes para avaliar os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, dentre eles os resíduos da construção civil. Cada um dos indicadores apresentado no Quadro 1 do documento possui 5 níveis de atendimento: “Atendido”, “Suficiente”, “Condição Boa”, “Condição Regular” e “Condição Ruim”. Seguem os indicadores mencionados no Quadro 1 que merecem destaque considerando o contexto desta Dissertação e o nível “Atendido” de cada um deles:

- **Indicador 16 – Valorização dos Resíduos:** Foram apresentados os programas, projetos e ações para criação de fontes de negócios, emprego e renda a partir da implantação de tecnologias para valorização dos resíduos reutilizáveis e recicláveis, transformando-os em matérias primas para outros produtos; e

- **Indicador 18 – Elaboração de Metas:** Foram apresentadas metas para todos os programas, planos e projetos propostos no PMGIRS.

Além dos pontos mencionados no subitem 4.6.7, Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021) também demonstram uma particularidade relevante em relação à gestão macro de RCC: a criação de um aplicativo móvel para auxiliar a promoção de oportunidades de valorização de RCC (reutilização e reciclagem) entre diferentes tipos de usuários, como construtoras, cidadãos e empresas responsáveis pela disposição dos resíduos, conforme demonstra a Figura 24.

Figura 24 – Funcionalidades do aplicativo móvel para diferentes tipos de usuários



Fonte: Oliveira *et al.* (2019).

O aplicativo foi criado por Oliveira *et al.* (2019) e, além de permitir seu uso por diferentes usuários, também inclui a possibilidade de rastrear e inspecionar o descarte de RCC por cidadãos, empresas e setores públicos responsáveis pela fiscalização ambiental.

Alguns testes piloto já foram realizados pelos autores, com os níveis de interesse e aceitação associados à ferramenta sendo muito altos entre os profissionais da construção civil e os cidadãos comuns (OLIVEIRA; OLIVEIRA; FONSECA, 2021).

Além da criação do aplicativo móvel, os autores também destacam que os órgãos regionais de administração também podem desempenhar um papel importante na promoção da circularidade na gestão de resíduos da construção civil, nomeadamente através da definição e implementação de estratégias como a criação e/ou melhoria de planos de vigilância para prevenir práticas inadequadas entre profissionais técnicos e empresas que operam na área da construção (OLIVEIRA; OLIVEIRA; FONSECA, 2021).

Já Guimarães e Fiore (2020) desenvolveram 15 indicadores de gestão macro de resíduos da construção civil para avaliar a efetividade da gestão de RCC nos municípios brasileiros, com um estudo de caso sendo feito pelos autores no município de São José dos Campos – SP. Os principais indicadores apresentados pelo autor, assim como suas especificidades, estão detalhados no Quadro 16:

Quadro 16 – Principais indicadores de efetividade de gestão de RCC desenvolvidos por Guimarães e Fiore (2020)

Dimensão do Indicador	Indicador	Alguns Parâmetros Verificados em Cada Indicador
Social	I-01: Existência de educação ambiental continuada na área de RCC, com participação da população.	<ul style="list-style-type: none"> - Valor econômico, social e cultural dos RCC; - Esclarecimento sobre como ocorre ou deveria ocorrer a rede técnica municipal de gerenciamento dos RCC; - Apresentação dos desafios enfrentados e oportunidades de desenvolvimento econômico com o manejo dos RCC; - Orientação sobre a importância de evitar a compra de materiais conhecidamente perigosos, como amianto, e tintas contendo aditivos poliméricos perigosos à saúde, entre outros. - Registro anual de atividades realizadas, entre outros.
Social	I-02: Existência de coleta sistemática de dados e publicação de informações sobre a gestão de RCC.	<ul style="list-style-type: none"> - Convergência do conteúdo publicado com os objetivos e diretrizes de gestão dos RCC, determinados pelo Poder Público Municipal; - Estratégias de publicação dos dados (diversidade de mídias e de conteúdo) atendem a públicos diversificados (no mínimo três tipos diferentes de público); e - Clareza dos objetivos a serem alcançados com a publicação dos dados, para a gestão pública, entre outros.
Social	I-03: Existência de atividades multiplicadoras e divulgação de boas práticas de manejo de RCC.	<ul style="list-style-type: none"> - Definição de servidor público responsável pela coordenação das boas práticas e pela fiscalização da efetividade das formas de multiplicação adotadas; e - Definição dos objetivos e metas a serem alcançadas com a estratégia de multiplicação das boas práticas, entre outros.

Quadro 16 – Principais indicadores de efetividade de gestão de RCC desenvolvidos por Guimarães e Fiore (2020)

Dimensão do Indicador	Indicador	Alguns Parâmetros Verificados em Cada Indicador
Cultural	I-04: Existência de sistema de cadastro e monitoramento dos RCC no território.	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de cadastro e monitoramento de aspectos relacionados à gestão municipal de RCC. - Controle da frequência com que são inseridas/modificadas informações no sistema (itens/mês). - O sistema monitora, no mínimo, pontos como: <ul style="list-style-type: none"> § Volume de RCC coletados em PEVs, LEVs (T/semana); § Classe de RCC destinados a uma ATT (A, B, C ou D); § Volume de RCC destinados a uma ATT (m³/mês); § Tipos químicos de RCC destinados à reciclagem; § Volume de RCC destinados à reciclagem (m³/mês); § Volume de RCC destinados a aterro de inertes (m³/mês); § Tipos químicos de resíduos destinados a aterro industrial; entre outros. - Controle das metas já atingidas, referentes à gestão dos RCC, constantes no PMGIRS, entre outros.
Cultural	I-05: Diminuição do volume de RCC do município em função da adoção de práticas de construção e demolição mais avançadas.	<ul style="list-style-type: none"> - Controle de obras que apresentam projeto com propostas de baixa geração de RCC; e - Certificação municipal de construção de baixa geração de resíduos, entre outros.
Econômica	I-07: Recuperação ou reaproveitamento material ou energético dos RCC.	<ul style="list-style-type: none"> - Priorização municipal do reuso ou da reciclagem dos RCC, frente à possibilidade de aterramento ou de recuperação energética; e - Recuperação energética apenas de materiais que não podem ser reciclados ou reutilizados.

Quadro 16 – Principais indicadores de efetividade de gestão de RCC desenvolvidos por Guimarães e Fiore (2020)

Dimensão do Indicador	Indicador	Alguns Parâmetros Verificados em Cada Indicador
Econômica	I-08: Existência de recursos financeiros próprios para a gestão dos RCC.	<ul style="list-style-type: none"> - Existência de recursos financeiros, promulgados por leis e decretos municipais, para atender, no mínimo pontos como: <ul style="list-style-type: none"> § Programas de educação ambiental sobre os RCC; § Disposição final dos rejeitos ou de inertes em aterros de resíduos de classe A; § Monitoramento dos RCC gerados no município; - Existência de recursos financeiros, em projetos aprovados pela Prefeitura, para o planejamento do gerenciamento dos grandes geradores para, no mínimo pontos como: <ul style="list-style-type: none"> § Treinar e capacitar trabalhadores encarregados de manejar os RCC durante a execução de obras; § Dispor de espaço próprio à correta segregação e armazenamento temporário dos resíduos, facilitando o reaproveitamento de alguns materiais no canteiro de obras ou em outros projetos; entre outros.

Fonte: Modificado de Guimarães e Fiore (2020).

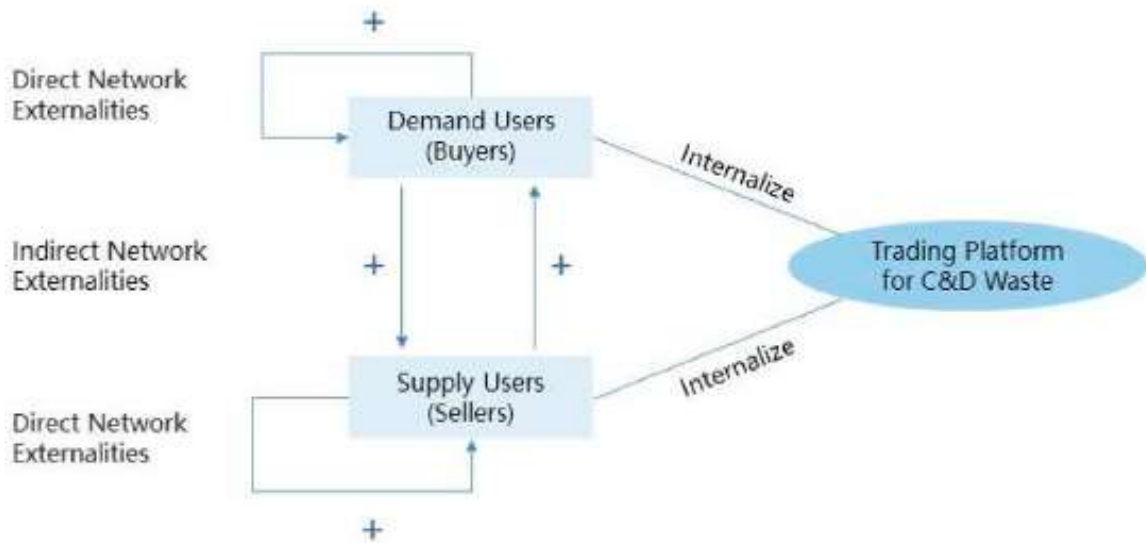
Por fim, Wu, Xie e Hao (2022) sugerem como prática de gestão macro de RCC a criação de uma plataforma de negociação para RCC, fornecendo aos seus usuários serviços como: publicações, buscas de informações sobre oferta e demanda, certificações de qualificação, correspondência de transações, registro de contratos e revisão de RCC para venda que possam ser reutilizados diretamente.

Segundo os autores, para analisar as características de uma plataforma de negociação para RCC, o primeiro passo é esclarecer os grupos de usuários da plataforma. Os usuários que se registram e utilizam a plataforma de negociação para RCC, normalmente, são empresas de construção que precisam vender ou comprar resíduos adequados para reutilização direta. Dito isso, os autores entendem que os participantes da plataforma não podem criar valor sozinhos, portanto, as necessidades entre as duas partes (comprador-vendedor) são complementares: as empresas de construção que precisam vender RCC esperam que as informações do produto sejam vistas por muitas empresas de construção que necessitam de materiais de construção e que, em última instância, um negócio bem-sucedido seja alcançado (WU; XIE; HAO, 2022).

Para comprar resíduos da construção civil como materiais de construção, os compradores buscarão materiais de construção, compararão produtos, fecharão negócios e realizarão pedidos por meio da plataforma. A plataforma fornece um local de negociação virtual para que uma série de operações, como compra e registro de contratos, possam ser realizadas (WU; XIE; HAO, 2022).

Comparado com o mercado tradicional, a maior vantagem do mercado de dois lados gerado pela plataforma de negociação são as externalidades de rede, que são divididas em externalidades de rede diretas e externalidades de rede indiretas, como mostrado na Figura 25.

Figura 25 - Externalidades de rede da plataforma de negociação de resíduos da construção civil (RCC).



Fonte: Modificado de Wu, Xie e Hao (2022).

Os resultados obtidos pelos autores por meio do teste de um modelo utilizando dados obtidos de uma plataforma de negociação usada em Nanjing e outras fontes locais disponíveis demonstraram que a plataforma de negociação para RCC permite aos usuários buscar outros usuários e produtos, além da oportunidade de completar correspondências rapidamente, o que reduz os custos de transação enquanto melhora a eficiência do processo de transação. Este modelo de negócios melhora a estrutura organizacional econômica ao aumentar a coordenação entre oferta e demanda sob informações incompletas e aumentar o nível de eficiência, gerando assim um excedente econômico mais alto (WU; XIE; HAO, 2022).

Ao fornecer um local virtual comum para promover a interação entre oferta e demanda no mercado de negociação de RCC, as externalidades que não podem ser internalizadas pelos grupos podem ser absorvidas (WU; XIE; HAO, 2022).

Além disso, de acordo com os autores, o estudo em si serve em grande parte como um serviço público, uma vez que a negociação de RCC é uma estratégia útil para alcançar uma economia circular. Como o processo requer a intervenção de vários departamentos governamentais e depende de políticas e regulamentações apropriadas, a plataforma de negociação só poderia ser implementada efetivamente com processos integrados relacionados ao governo eletrônico. Por exemplo, o governo poderia permitir que os fornecedores solicitem

licenças diretamente na plataforma com ordens de transação, o que não só melhoraria a eficiência da disposição de RCC, mas também realizaria a padronização do processo em toda a plataforma. Para incentivar as construtoras a usar a plataforma, o governo também poderia dar prioridade às empresas que usam a plataforma ao solicitar licenças de transporte (WU; XIE; HAO, 2022).

Porém, cabe destacar que, para promover a reutilização de recursos de RCC, os operadores da plataforma devem projetar uma estrutura de preços razoável, dar subsídios apropriados e fazer arranjos razoáveis para taxas relacionadas. Devido às preocupações com a qualidade de materiais de construção de segunda mão por parte dos compradores e à incerteza de encontrar vendedores de segunda mão, os compradores sempre entram em contato diretamente com fornecedores de materiais novos para compras preliminares. Consequentemente, há sempre um excesso de oferta de RCC e as informações que os fornecedores na plataforma divulgam são muito mais do que as fornecidas pelos compradores. Para realizar a transição de externalidade de associação para externalidade de uso, os operadores da plataforma devem incentivar os compradores com concessões de taxas e subsídios (WU; XIE; HAO, 2022).

Outro ponto destacado pelos autores como ressalva à plataforma é que, até o momento, a plataforma de negociação ainda não atingiu uma massa crítica, o que impede que todo o potencial da plataforma seja realizado. Nesse sentido, a maneira mais eficaz é o governo promulgar políticas para incentivar as empresas de construção a negociar RCC aderindo à plataforma e oferecer tratamento preferencial e subsídios às empresas que o façam. Somente dessa forma, a plataforma pode atingir uma massa crítica e permitir que as partes de oferta e demanda de RCC comuniquem-se e interajam plenamente, melhorando a eficiência das transações e reduzindo os custos de transação. Ao mesmo tempo, a plataforma pode exigir intervenção governamental para internalizar a externalidade positiva da reutilização, o que levará, em última instância, a um processo de material em circuito fechado e a uma economia circular para beneficiar a sustentabilidade da indústria da construção (WU; XIE; HAO, 2022).

Além dos pontos mencionados, cabe destacar que os documentos encontrados por meio da RBS também apresentaram particularidades já encontradas durante as demais etapas desta Dissertação, como:

- a) Rastreabilidade dos resíduos gerados com a utilização de plataforma/sistemas de informação online (YEHEYIS *et al.*, 2013; *EUROPEAN COMISSION*, 2015b; WU *et al.*, 2016; MIGNON; BRÉQUEL, 2017; WON; CHENG, 2017; ESA; HALOG; RIGAMONTI, 2017; GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018; CAI; WALDMANN, 2019; KABIRIFAR *et al.*, 2020; OGUNMAKINDE *et al.*, 2021);
- b) Triagem de resíduos no local (POON *et al.*, 2001; POON *et al.*, 2004; WON; CHENG, 2017);
- c) Uso de um sistema de código de barras para monitorar o movimento de materiais de construção (CHEN *et al.*, 2002);
- d) Utilização de “etiquetas de produto verde” para produtos reciclados (*EUROPEAN COMISSION*, 2015c);
- e) Realização de auditorias pré-demolição (KELLY; DOWD, 2017; WU; YU; POON, 2020);
- f) Reduzir a complexidade do design para padronizar o processo de construção e reduzir a quantidade de materiais necessários (KELLY; DOWD, 2017; WON; CHENG, 2017; ABOGINIJE; AIGBAVBOA; THWALA, 2020);
- g) Utilização de elementos e componentes de construção fora do local/pré-fabricados (YEHEYIS *et al.*, 2013; ESA; HALOG; RIGAMONTI, 2017; KELLY; DOWD, 2017; WON; CHENG, 2017; GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018; CAI; WALDMANN, 2019; KABIRIFAR *et al.*, 2020; OSOBAJO *et al.*, 2020);
- h) Aquisição sustentável de materiais (ABOGINIJE; AIGBAVBOA; THWALA, 2020);
- i) Fornecer incentivos para transações com materiais secundários (ABOGINIJE; AIGBAVBOA; THWALA, 2020);
- j) Implementação de técnicas de desmontagem/desconstrução seletiva (YEHEYIS *et al.*, 2013; ESA; HALOG; RIGAMONTI, 2017; GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018; CAI; WALDMANN, 2019; KABIRIFAR *et al.*, 2020; WU; YU; POON, 2020; OGUNMAKINDE *et al.*; 2021);
- k) Melhoria e melhor controle da qualidade de RCC (WU; YU; POON, 2020);
- l) Utilizar critérios ambientais para definir metas de desempenho do edifício em relação aos resíduos (GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018);
- m) Produzir boas estimativas dos requisitos de materiais. Revise periodicamente a metodologia de estimativa (GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018);

- n) Minimizar a necessidade de estoque, por exemplo, escolhendo materiais com entrega *just-in-time* (GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018);
- o) Incluir especificações e requisitos de documentação referentes à RCC na fase de licitação (WON; CHENG, 2017);
- p) Separar e armazenar resíduos perigosos em recipientes adequados, claramente rotulados e mantidos sob cobertura (WON; CHENG, 2017; GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018);
- q) Utilizar materiais que evitem embalagens desnecessárias (WON; CHENG, 2017);
- r) Os materiais devem ser armazenados em áreas protegidas para evitar danos prematuros (WON; CHENG, 2017);
- s) Adoção de projetos que minimizem as perdas o máximo possível (WON; CHENG, 2017); e
- t) Informações sobre geração de resíduos da construção civil, estrutura regulatória e procedimentos devem ser conhecidas por todo o público (GUPTA; RANI, 2016).

4.7 RESULTADOS – ANÁLISE DAS PRINCIPAIS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS COM INDICADORES DE GESTÃO DE RCC

Por meio das pesquisas mencionadas na etapa 3.2.5, foram encontrados trechos sobre a gestão de resíduos da construção civil em todas as 6 certificações ambientais estudadas. A lista de documentos estudados sobre certificações ambientais com indicadores de gestão de Resíduos da Construção Civil ou Resíduos Sólidos está detalhada no Apêndice F.

Cabe destacar que os principais resultados obtidos pela leitura da NBR 14.031:2015 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015) foram inseridos na seção de “Revisão Bibliográfica” desta Dissertação. Porém, assim como ocorreu com os registros obtidos pela leitura dos documentos a nível federal, todos os registros obtidos pela leitura desta Norma foram inseridos na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão com classificação “Irrelevante” para a proposição da ferramenta de gerenciamento de RCC em galpões industriais, já que estes registros foram utilizados como ponto de partida da Dissertação.

Após a leitura dos 27 documentos mencionados no Apêndice F, foram inseridos 68 registros na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão. Conforme já mencionado na seção 4.1,

destes 68 registros, 3 foram classificados como “Relevância Alta”, os quais se referem às certificações ambientais descritas a seguir.

4.7.1 LEED v4.1 Building Design and Construction (BD+C)

Por meio da análise da última versão do *LEED (LEED v4.1 Beta*, de fevereiro de 2024), identificou-se que este sistema de certificação possui um crédito de “Gestão de Resíduos da construção civil” dentro do macro critério de “Materiais e Recursos” (do original *Materials and Resources*). Este crédito tem a intenção de reduzir o volume dos resíduos da construção civil dispostos em aterros sanitários e instalações de incineração por meio da prevenção de resíduos e pela reutilização, recuperação e reciclagem de materiais, assim como conservar recursos para as gerações futuras.

Este critério também tem como objetivo adiar a necessidade de novas instalações de aterros sanitários que frequentemente estão localizadas em comunidades de linha de frente, e criar empregos verdes e mercados de materiais para serviços de construção (*U.S. GREEN BUILDING COUNCIL*, 2024).

Cabe destacar que, dentre os diferentes tipos de edificações a que este crédito se aplica, estão armazéns e centros de distribuição, algo que não aparece de forma clara nas demais certificações ambientais estudadas. Este crédito tem como requisito desenvolver e implementar um plano de gestão de RCC, assim como alcançar pontos por meio de ações de prevenção e/ou de desvios de resíduos

Dentre os principais trechos encontrados neste documento, destacam-se os seguintes (*U.S. GREEN BUILDING COUNCIL*, 2024):

- **Orientações Passo a Passo → Plano de Gestão de Resíduos da Construção → Opção 1: Desvio:** Após explorar estratégias de redução de fonte e design para prevenção de resíduos, determine estratégias para coleta de resíduos no local e fora dele durante a construção e considere a infraestrutura necessária para a implementação. Os projetos podem usar uma combinação de separação no local e coleta de materiais mistos para alcançar as metas de desvio, dependendo do que

for apropriado para a localização do projeto, materiais residuais gerados e instalações e transportadores disponíveis. Estratégias para alcançar um alto desvio de resíduos incluem:

- a) Estágio de coletores no local para corresponder com as fases de construção e os cronogramas dos empreiteiros. Se um único comércio estiver no local por um período definido que tenha um fluxo de resíduos recicláveis, considere ter um único recipiente para esse tipo de resíduo, em vez de/ou além de - um recipiente misto (exemplos incluem um recipiente para reciclagem de concreto durante a demolição, ou recipientes separados para gesso, estruturas de madeira ou resíduos de cobertura durante essas fases);
- b) Doe materiais excedentes ou salvos;
- c) Participe de programas de reciclagem e devolução do fabricante para produtos removidos em condições recuperáveis, como telhas, móveis ou revestimentos;
e
- d) A incineração de alguns materiais de C&D (exceto madeira) pode ser considerada desvio apenas para projetos internacionais se métodos de reutilização e reciclagem não estiverem prontamente disponíveis no local do projeto; isso deve ser incluído no Plano de Gestão de Resíduos.

Cabe destacar que a combustão de materiais de madeira resultantes do processamento de reciclagem (também conhecidos como “combustível de origem vegetal” ou “biomassa”) é classificada como um meio aceitável de desvio para projetos tanto nos Estados Unidos quanto internacionalmente e não é considerada energia a partir de resíduos para fins de relatórios de desvio de projetos *LEED (U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, 2024)*.

Porém, formas de energia a partir de resíduos (além da madeira) não são amplamente utilizadas para a gestão de resíduos da construção civil nos Estados Unidos, sendo até consideradas um meio inadequado de desvio para projetos dentro do país. Já na Europa, projetos que não podem atender aos requisitos de desvio por meio de métodos de reutilização e

reciclagem podem considerar a energia a partir de resíduos como desvio se seguirem a Diretiva de Incineração de Resíduos 2000/76/EC e a Diretiva do Quadro de Resíduos da Comissão Europeia 2008/98/EC (UNIÃO EUROPEIA, 2000, 2008).

Além disso, as instalações de energia a partir de resíduos devem atender às normas aplicáveis do Comitê Europeu de Normalização (CEN) EN 303, como a EN 303-1—1999/A1—2003 (de caldeiras de aquecimento com queimadores a ar forçado); a EN 303-7—2006 (de caldeiras de aquecimento central a gás equipadas com um queimador a ar forçado); e a EN 303-5—2012 (de caldeiras de aquecimento para combustíveis sólidos) (ISO, 2003, 2006, 2012).

As equipes de projeto que buscam esta opção de conformidade devem demonstrar que as estratégias de reutilização e reciclagem foram esgotadas antes de enviar materiais para instalações de energia a partir de resíduos. Dentre os documentos necessários para isso, estão: (i) um Plano de Gestão de Resíduos da construção civil em conformidade; (ii) uma narrativa para estratégias de prevenção de resíduos/design usadas no projeto para alcançar o limiar de resíduos e cálculo total de resíduos por área (se buscando pontos de Prevenção de Resíduos); e (iii) calculadora de gestão de resíduos da construção civil que demonstre quantidades totais e desviadas de resíduos e documentação de taxas de reciclagem para instalações mistas (*U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, 2024*).

Além disso, no caso de projetos internacionais, também pode ser usada uma narrativa de justificação para o uso da estratégia de energia a partir de resíduos para equipes internacionais e documentação de instalações de energia a partir de resíduos aderindo às normas EN (se aplicável) (*U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, 2024*).

Além dos pontos mencionados anteriormente, cabe destacar que as certificações ambientais estudadas também apresentaram particularidades já encontradas durante as demais etapas desta Dissertação, como:

- Provisão de instalação para produção de energia a partir de resíduos sólidos (*INTERNATIONAL INITIATIVE FOR A SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT, 2022b*);

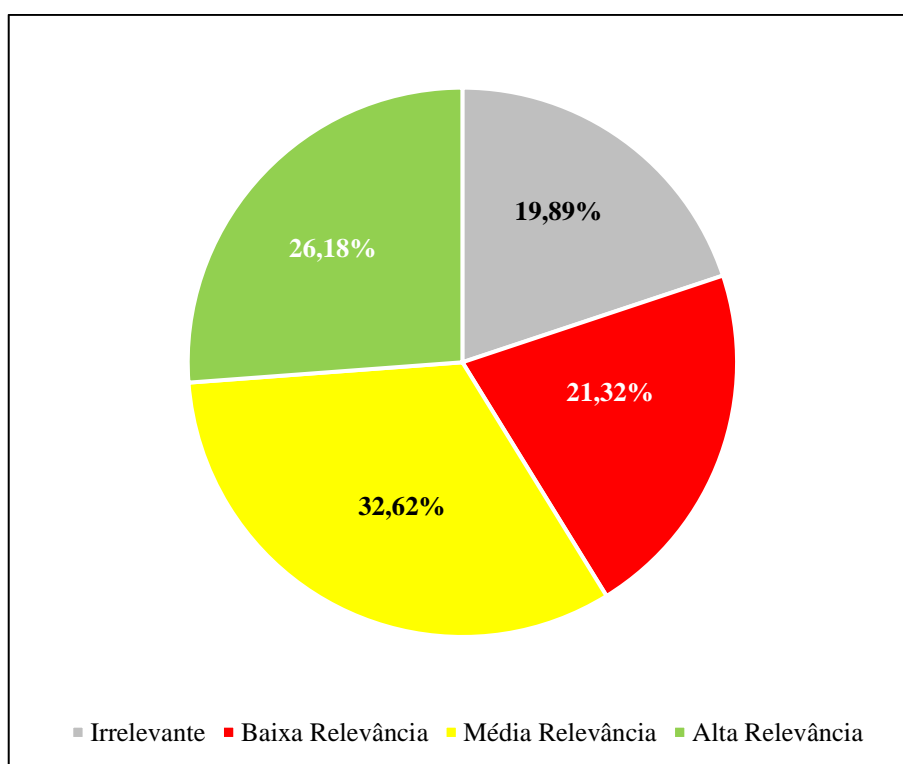
- Segregação de resíduos sólidos no local de origem (*INTERNATIONAL INITIATIVE FOR A SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT*, 2022b);
- Estabelecer metas de desvio de resíduos para os projetos identificando os materiais (tanto estruturais quanto não estruturais) visados para recuperação e reciclagem (*U.S. GREEN BUILDING COUNCIL*, 2024); e
- Desenvolver métodos para estimar a quantidade de todos os materiais de demolição gerados no projeto (*U.S. GREEN BUILDING COUNCIL*, 2024).

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS – MATRIZ COMPARATIVA DE MODELOS DE GESTÃO

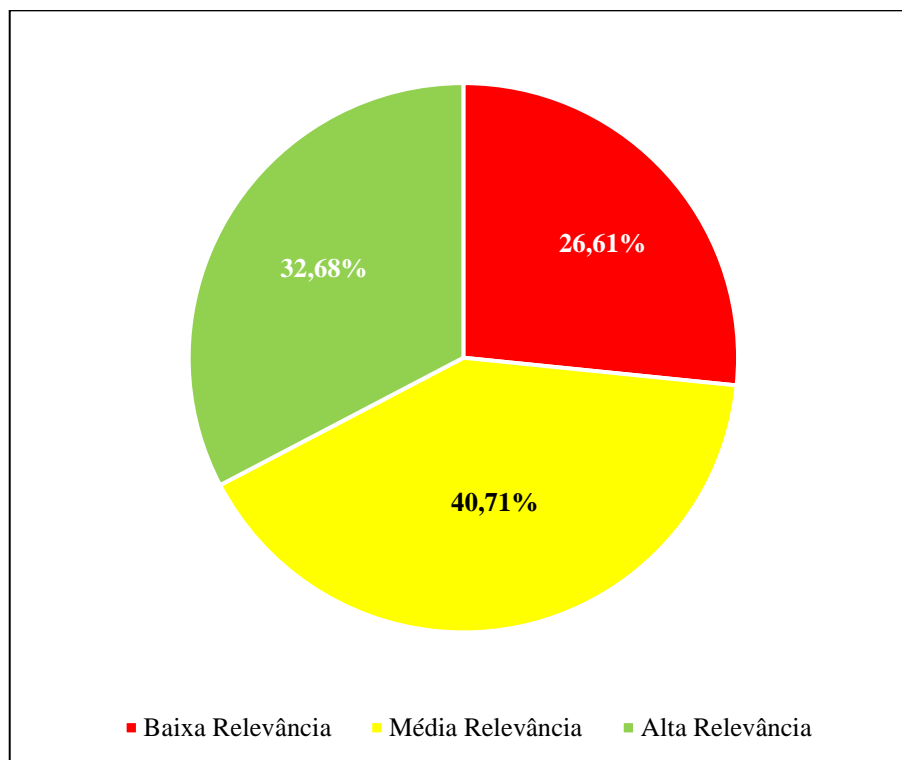
Analisando os 699 registros incluídos na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão (conforme seção 4.1 desta Dissertação), foi possível elaborar as Figuras 26 e 27, as quais demonstram as porcentagens de registros inclusos pelas relevâncias apresentadas (com e sem os registros considerados irrelevantes).

Figura 26 – Porcentagem de Registros por Relevância (Espaço Amostral Total)



Fonte: Autor (2024).

Figura 27 – Porcentagem de Registros por Relevância (Espaço Amostral sem Registros Irrelevantes)

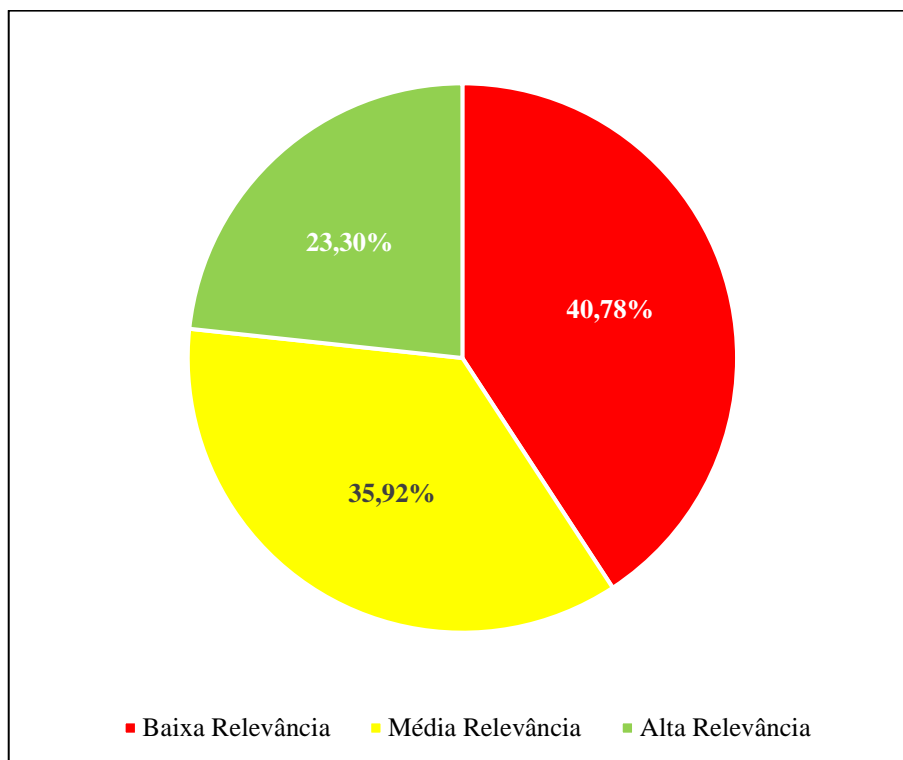


Fonte: Autor (2024).

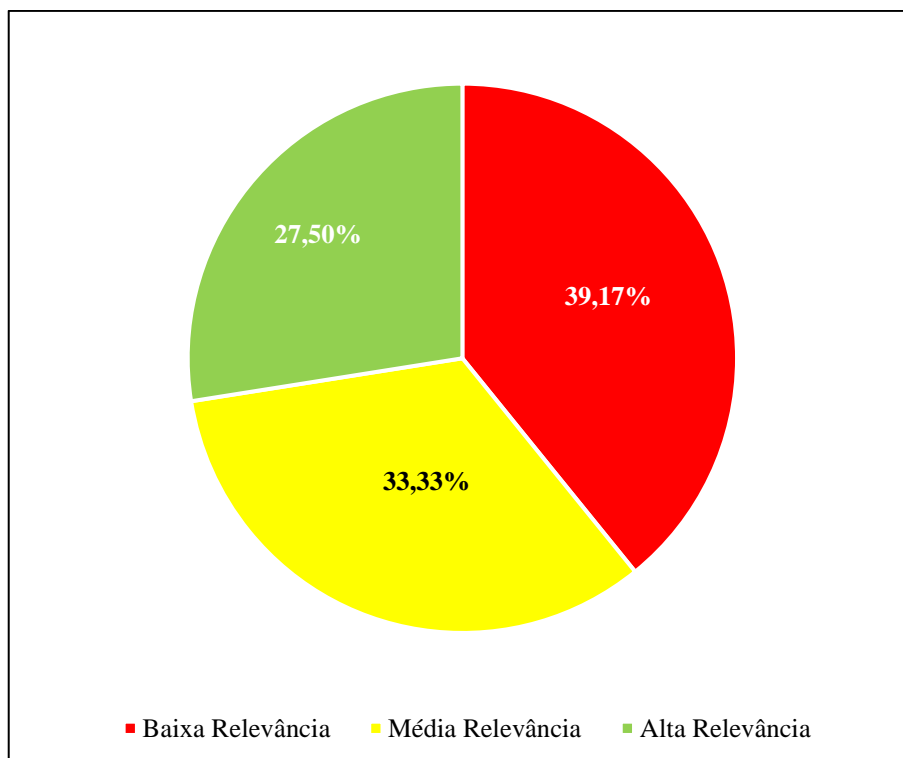
Por meio destes gráficos, nota-se que 73,4% dos registros obtidos foram classificados como “média” (40,7%) ou “alta relevância” (32,7%) quando comparados aos dados já apresentados nas legislações federais.

Entende-se que estes números demonstram que os espaços amostrais escolhidos foram adequados para a obtenção de uma ferramenta de gerenciamento de RCC inovadora, que apresentasse características distintas dos pontos já inclusos nas legislações federais.

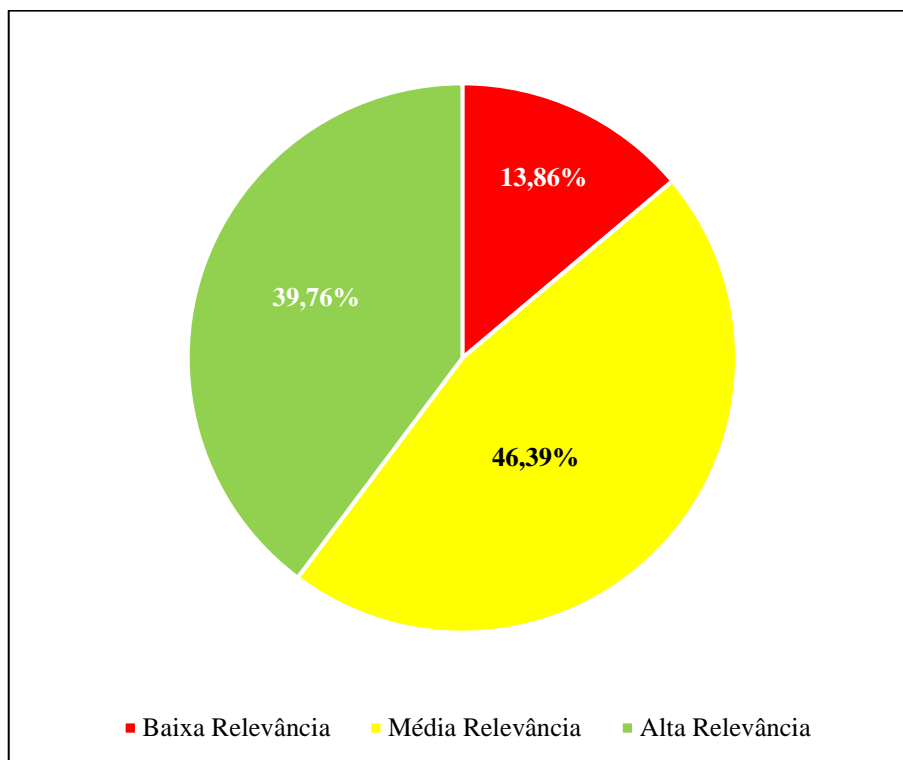
Além disso, analisando de forma mais aprofundada cada um dos espaços amostrais escolhidos, também foi possível elaborar os gráficos demonstrados nas Figuras 28 a 33.

Figura 28 – Porcentagem de Registros por Relevância (Legislações Estaduais)

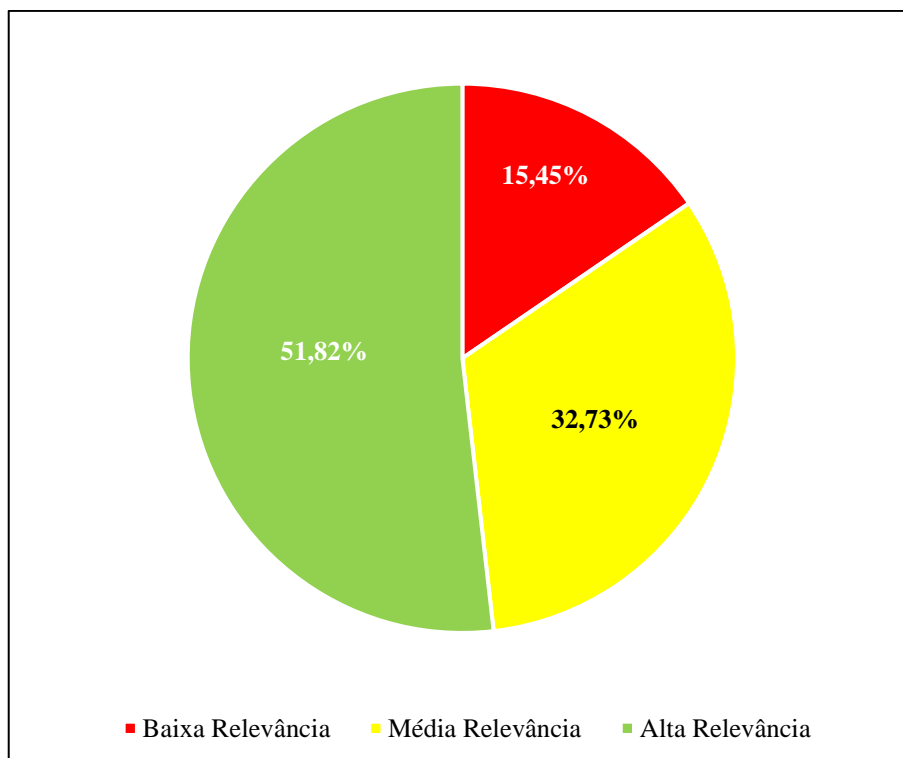
Fonte: Autor (2024).

Figura 29 – Porcentagem de Registros por Relevância (Legislações Municipais)

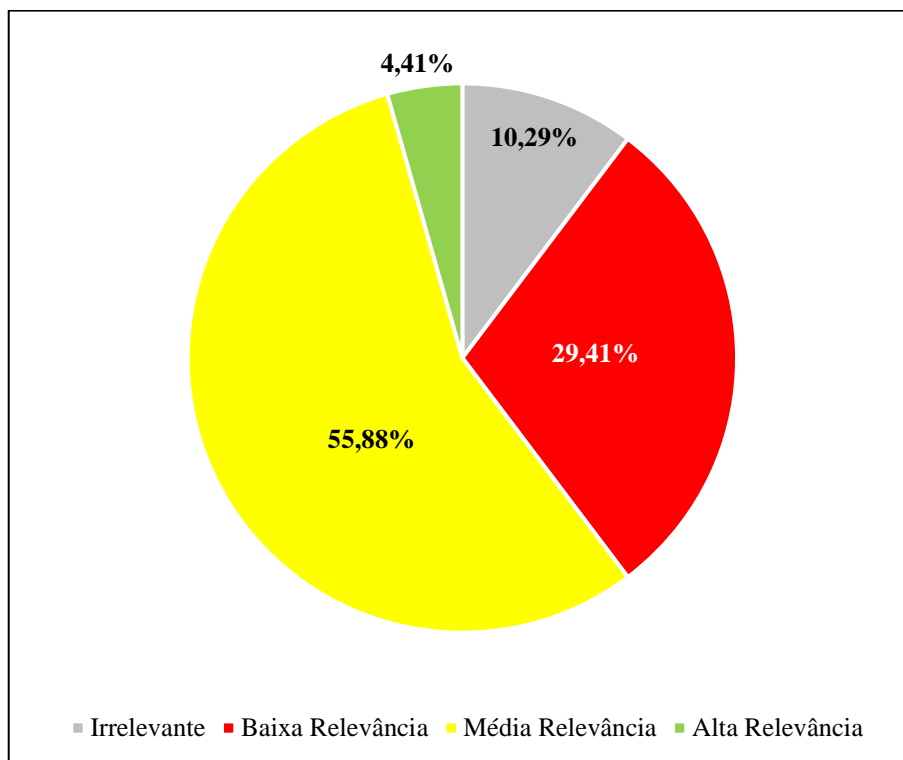
Fonte: Autor (2024).

Figura 30 – Porcentagem de Registros por Relevância (Legislações Internacionais)

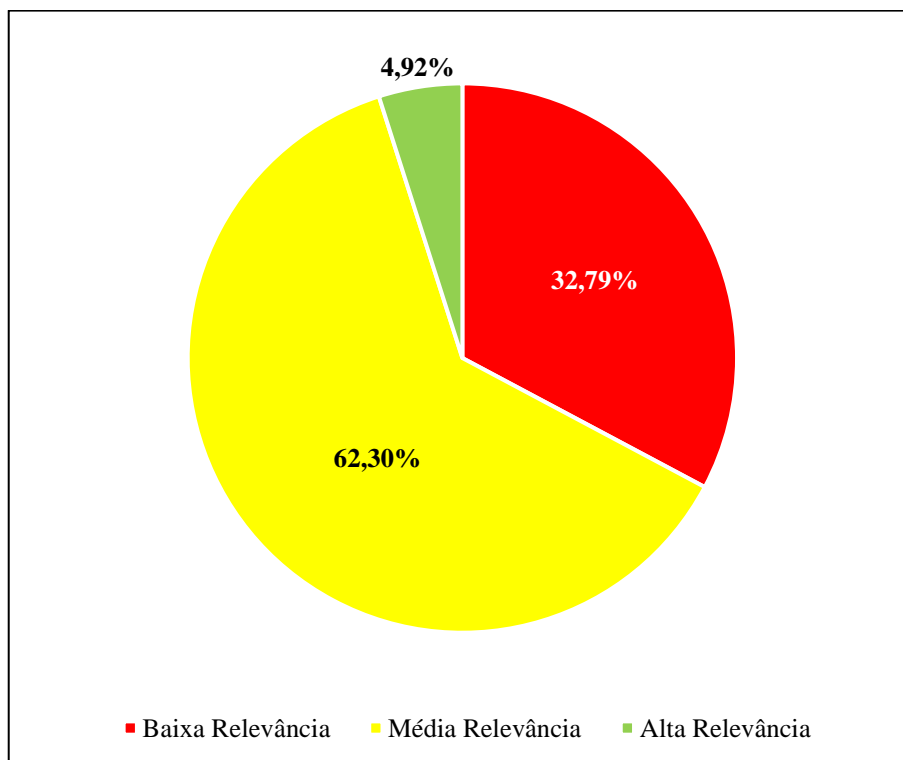
Fonte: Autor (2024).

Figura 31 – Porcentagem de Registros por Relevância (Revisão Bibliográfica Sistemática)

Fonte: Autor (2024).

Figura 32 – Porcentagem de Registros por Relevância (Certificações Ambientais)

Fonte: Autor (2024).

Figura 33 – Porcentagem de Registros por Relevância (Certificações Ambientais Sem Registros Irrelevantes)

Fonte: Autor (2024).

Por meio destes gráficos, nota-se que, dos 5 temas utilizados como base para esta Dissertação (sendo eles: legislações estaduais, municipais e internacionais, artigos obtidos com a RBS e as principais certificações ambientais), os artigos obtidos pela RBS foram o tema que mais apresentaram registros com “Alta Relevância” quando comparados ao número total de registros obtidos no próprio tema (com 51,8%), seguidos das linhas inseridas na Matriz Comparativa referentes às legislações internacionais (39,8%).

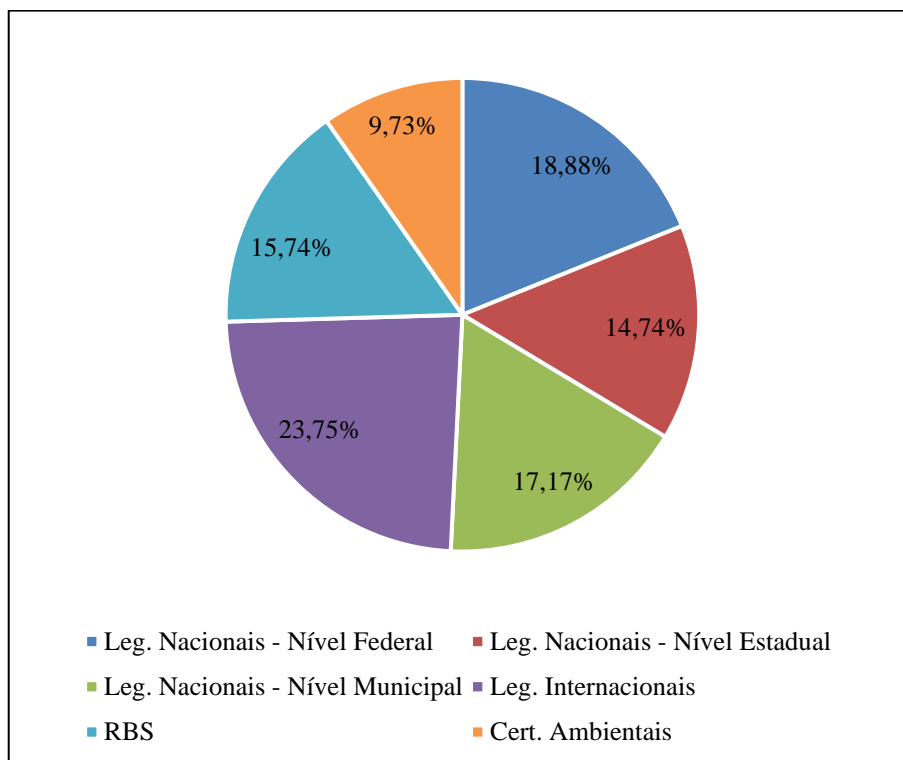
Além disso, também se destaca a porcentagem de registros com “Alta Relevância” obtidos das Certificações Ambientais estudadas (menor porcentagem interna, com 4,9% sem considerar os registros irrelevantes).

Ao elaborar a metodologia de pesquisa desta dissertação, esperava-se que as certificações ambientais apresentassem um maior número de dados com “Alta Relevância” quando comparados às demais etapas de pesquisa realizadas. Entende-se que esta disparidade pode ter ocorrido devido ao espaço amostral enxuto de certificações ambientais escolhidas.

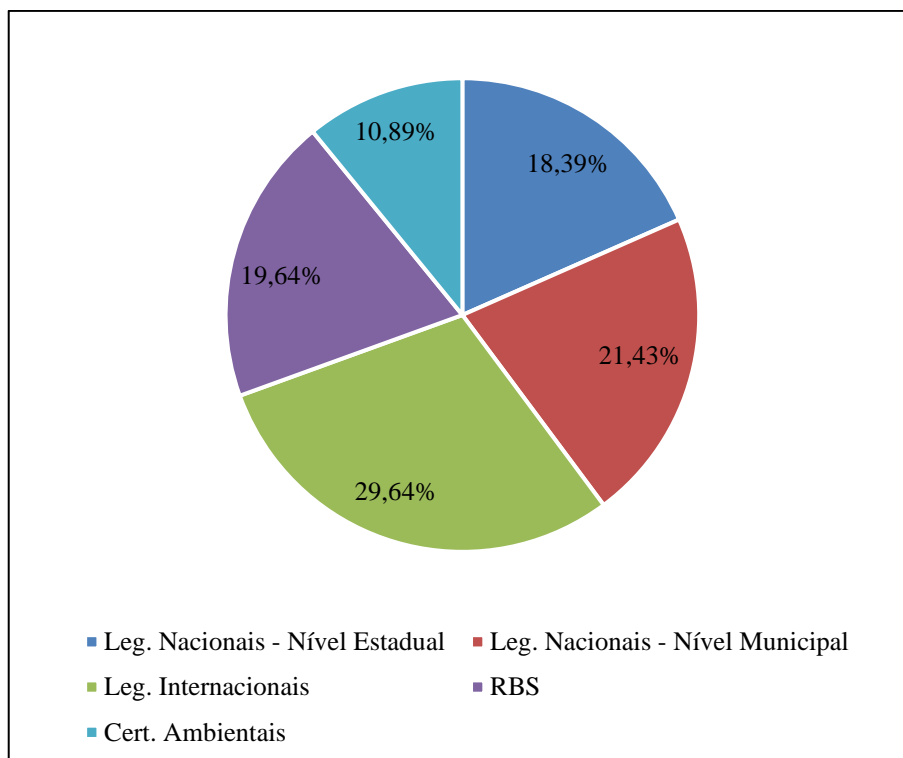
Sendo assim, para trabalhos futuros que utilizem esta Dissertação como base, recomenda-se que seja dada uma atenção especial ao estudo das certificações ambientais que possuam “créditos” (ou métodos similares de avaliação) voltados à gestão de RCC nos canteiros de obras.

Apesar disso, cabe destacar que, das etapas realizadas nesta Dissertação, o “Estudo das Certificações Ambientais” foi a única que apresentou características voltadas à gestão de RCC em canteiros de obras de galpões industriais. Nas demais etapas de pesquisa realizadas durante este trabalho, grande parte das particularidades encontradas não eram específicas a determinado tipo de edificação, podendo ser adotadas em construções realizadas para diferentes usos (como prédios comerciais, obras de infraestrutura urbana, edificações habitacionais, dentre outros).

Além das porcentagens de registros com “Alta Relevância” encontrados durante cada etapa desta Dissertação, também cabe mencionar a porcentagem de registros obtidos em cada uma destas etapas quando comparados ao número total (descontando ou não os registros irrelevantes), conforme demonstrado nas Figuras 34 e 35.

Figura 34 – Porcentagem de Registros por Espaço Amostral

Fonte: Autor (2024).

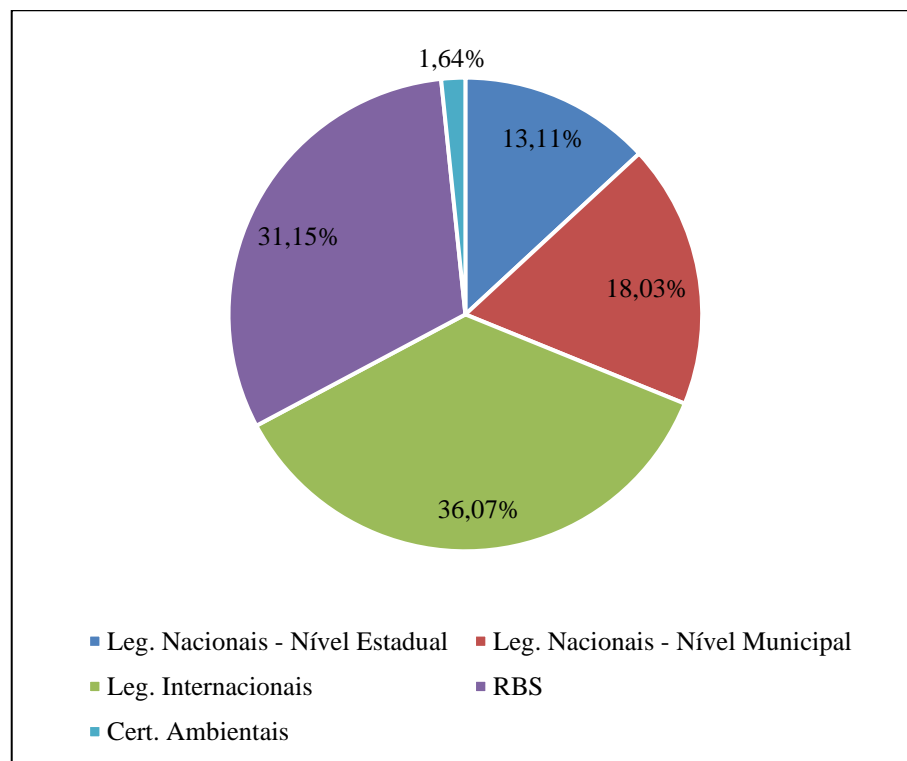
Figura 35 – Porcentagem de Registros por Espaço Amostral (Sem Registros Irrelevantes)

Fonte: Autor (2024).

Analisando tais gráficos, nota-se que a maior porcentagem de registros inseridos na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão foi inserida durante o estudo das Legislações Internacionais (29,6%), seguido dos registros obtidos pelas legislações municipais (21,4%). Já a menor porcentagem ocorreu durante a análise do espaço amostral de Certificações Ambientais com requisitos relacionados à gestão de RCC (10,9%).

Além disso, vale mencionar a porcentagem de registros com alta relevância obtidos em cada uma destas etapas, como demonstra a Figura 36.

Figura 36 – Porcentagem de Registros com Alta Relevância por Espaço Amostral



Fonte: Autor (2024).

Assim como os gráficos anteriores, identificou-se que a maior parte dos registros com “Alta Relevância” foi obtida durante a leitura do espaço amostral de legislações internacionais (36,0%), seguido da análise dos documentos encontrados por meio da RBS (31,1%), enquanto a menor porcentagem ocorreu durante o Estudo das Certificações Ambientais (1,6%) e das Legislações Nacionais a Nível Estadual (13,1%).

Maiores detalhes sobre a análise dos resultados de cada uma das etapas de estudo realizadas estão descritos nas seções a seguir.

5.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS – NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL ESTADUAL

Utilizando os resultados obtidos na seção 4.3 foi possível obter 3 oportunidades de melhoria na gestão de RCC em canteiros de obra, conforme demonstrado no Quadro 17.

Quadro 17 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos da Análise de Normas e Legislações a Nível Estadual

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
1	Aproveitamento dos resíduos da construção civil e materiais secundários (reutilização e reciclagem) no próprio canteiro de obras.	São Paulo (2020).
2	Adoção de projetos que minimizem as perdas o máximo possível. Exemplos: (i) manter pedaços de gesso facilmente acessíveis para uso em pequenos espaços; (ii) substituir solventes, adesivos e revestimentos tóxicos por produtos menos perigosos; e (iii) preparar lotes de teste menores de solventes e revestimentos, entre outras.	São Paulo (2020).
3	Dados quantitativos de geração, transporte e destinação final de RCC inseridos em sistemas de informação disponibilizados aos órgãos relacionados à gestão e fiscalização.	Governo do Distrito Federal (2018).

Fonte: Autor (2024).

Conforme já mencionado na seção 4.3 dos Resultados desta Dissertação, o número enxuto de registros obtidos pela análise das legislações estaduais ocorreu devido à maior existência de dados voltados à gestão macro de RCC nestes documentos.

Maiores informações sobre as particularidades macro encontradas durante esta etapa da Dissertação estão descritas na seção 5.9.

5.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS – NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL MUNICIPAL

Utilizando os resultados obtidos na seção 4.4 foi possível obter 4 oportunidades de melhoria na gestão de RCC em canteiros de obra, conforme demonstrado no Quadro 18.

Quadro 18 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos da Análise de Normas e Legislações a Nível Municipal

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
1	Utilização de técnicas de demolição e/ou desmontagem seletivas e de reutilização de estruturas existentes, facilitando a máxima taxa de recuperação em canteiros de obras que contenham demolições ou reformas.	Prefeitura do Município de São Paulo (2014).
2	<p>Informações mínimas que devem constar em planos de gerenciamento de RCC:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Movimentação interna dos resíduos (tipo de resíduos, dia e hora de entrada e saída, quantidade, local de estocagem temporária, tipo de transporte e destinação final); - Plano de gerenciamento com o programa de redução da geração na fonte; - Tipos de acondicionamento, manuseio e armazenamento interno dos resíduos; - Coleta, transporte interno e pré-tratamento dos resíduos; - Plano de contingência e emergência, de melhorias e ações corretivas; - Compartilhamento de soluções com outras empresas; - Processo de mobilização dos servidores e educação ambiental; e - Importância dos indicadores na contratação da prestação dos serviços. 	Prefeitura Municipal de Guarulhos (2013).
3	Incorporar equipamentos e áreas de segregação, processamento e reciclagem dos resíduos no inventário de estruturação do canteiro.	Prefeitura Municipal de Guarulhos (2013).
4	Máxima segregação de resíduos nas fontes geradoras e sua valorização, buscando o incentivo à retenção/utilização de resíduos nos próprios locais de geração.	<ul style="list-style-type: none"> - Prefeitura do Município de São Paulo (2014). - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b).

Fonte: Autor (2024).

Conforme demonstrado no Quadro 18, cabe destacar que a recomendação de se executar a máxima segregação de resíduos nas fontes geradoras foi encontrada em duas legislações distintas: o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo, de 2014, e o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte, de 2017. Desta forma, foi criado um único registro referenciando os dois documentos.

Assim como ocorreu na seção 5.2, entende-se que o número enxuto de registros obtidos pela análise das legislações municipais ocorreu devido à maior existência de dados voltados à gestão macro de RCC nestes documentos. Maiores informações sobre as particularidades macro encontradas durante esta etapa da Dissertação estão descritas na seção 5.9.

5.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS – NORMAS E LEGISLAÇÕES A NÍVEL INTERNACIONAL

Utilizando os resultados obtidos na seção 4.5 foi possível obter 58 oportunidades distintas de melhoria na gestão de RCC em canteiros de obra, conforme demonstrado no Quadro 19.

Quadro 19 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos da Análise de Normas e Legislações a Nível Internacional

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
1	Aproveitamento dos resíduos da construção civil e materiais secundários (reutilização e reciclagem) no próprio canteiro de obras.	- <i>General Services Administration</i> (2012). - Comissão Europeia (2016a).
2	Classificar resíduos recicláveis gerados no canteiro conforme sua geração para maximizar sua reciclabilidade e reutilização.	<i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004).
3	Documentar as ações tomadas para localizar um centro de reciclagem, caso nenhum centro de reciclagem seja encontrado nas proximidades do canteiro.	<i>General Services Administration</i> (2012).
4	Maximizar reciclagem para atender com sucesso aos objetivos de gerenciamento de resíduos do projeto, e, especificamente, à porcentagem de desvio de resíduos dos aterros estipulada na legislação (exemplo: 75% no Canadá). Esta maximização deve ser feita utilizando uma “Planilha de Desvio de Resíduos” para identificar materiais com potencial de reciclagem, revisando informações necessárias e explorando opções para cada tipo de material identificado.	<i>Exhibition Place</i> (2012).
5	Utilização de resíduos como combustíveis em outros meios de geração de energia (processo também chamado de valorização energética).	- União Europeia (2008). - <i>Italia</i> (2010). - <i>Tokyo Metropolitan Government</i> ([s.d.]). - Comissão Europeia (2016a).
6	Tratamento de resíduos de solo em benefício da agricultura ou melhoria ecológica.	- União Europeia (2008). - <i>Italia</i> (2010).
7	Utilização de técnicas de demolição e/ou desmontagem seletivas e de reutilização de estruturas existentes, facilitando a máxima taxa de recuperação em canteiros de obras que contenham demolições ou reformas.	- <i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004). - <i>Exhibition Place</i> (2012). - <i>Deloitte</i> (2015). - União Europeia (2008). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d). - <i>European Environment Agency</i> (2021).

Quadro 19 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos da Análise de Normas e Legislações a Nível Internacional

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
8	Incentivar técnicas de reutilização e recuperação de materiais em novos locais de construção, caso não seja possível utilizá-los no próprio canteiro de obras. Exemplo: Reutilização e recuperação de materiais de escavações, demolições e obras de reforma.	<i>Exhibition Place</i> (2012).
9	Design para desmontagem: Reciclar matérias-primas para reutilização com custos mínimos.	<i>Asian Development Bank</i> (2018d).
10	Adoção de projetos que minimizem as perdas o máximo possível. Exemplos: (i) manter pedaços de gesso facilmente acessíveis para uso em pequenos espaços; (ii) substituir solventes, adesivos e revestimentos tóxicos por produtos menos perigosos; e (iii) preparar lotes de teste menores de solventes e revestimentos, entre outras.	- <i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004). - <i>General Services Administration</i> (2012). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).
11	Aplicar regulamentos de gestão abrangentes e sólidos no local para reduzir efetivamente os RCC.	<i>Asian Development Bank</i> (2018d).
12	Comprar produtos em quantidades maiores para eliminar o aumento de resíduos associados a embalagens individuais ou pedir a quantidade correta no momento certo para reduzir a quantidade de materiais excedentes.	- <i>Exhibition Place</i> (2012). - <i>WRAP</i> ([s.d.]). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).
13	Desenvolver relacionamentos e parcerias com fornecedores durante a construção que possam implementar a minimização de resíduos na fonte.	- <i>WRAP</i> ([s.d.]). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).
14	Envolver a cadeia de suprimentos para fornecer produtos e materiais que usem embalagens mínimas, além de separar as embalagens para reutilização.	- <i>WRAP</i> ([s.d.]). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).
15	Dados quantitativos de geração, transporte e destinação final de RCC inseridos em sistemas de informação disponibilizados aos órgãos relacionados à gestão e fiscalização.	Comissão Europeia (2016a).
16	Aplicação de sistema de rastreabilidade de resíduos nas instalações de produção de agregados reciclados.	- <i>Cerema</i> ([s.d.]). - <i>République Française</i> (2012). - Comissão Europeia (2016a).

Quadro 19 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos da Análise de Normas e Legislações a Nível Internacional

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
17	Adotar sistemas de Modelagem de Informações de Construção (BIM) 3D como estratégia para melhorar a produtividade e eficiência em projetos de construção, possibilitando o desenvolvimento de modelos de <i>design</i> mais eficientes.	- <i>Infrastructure and Projects Authority</i> (2016). - <i>WRAP</i> ([s.d.]). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).
18	Incorporar equipamentos e áreas de segregação, processamento e reciclagem dos resíduos no inventário de estruturação do canteiro.	- Comissão Europeia (2016a).
19	Incluir manifestos e etiquetas de peso nos documentos do projeto.	- <i>General Services Administration</i> (2012). - <i>European Commission</i> (2015c).
20	Elaborar planos de gestão de RCC orientados para processos caso haja materiais das operações (construção, renovação e/ou demolição) que se destinem à reutilização ou reciclagem, descrevendo o modo como as várias etapas serão executadas, os responsáveis pela sua execução, quais os materiais que serão recolhidos de forma seletiva na origem, onde e como serão transportados, quais serão os métodos de reciclagem, reutilização ou tratamento final, e como será dado seguimento.	Comissão Europeia (2016a).
21	Máxima segregação de resíduos nas fontes geradoras e sua valorização, buscando o incentivo à retenção/utilização de resíduos nos próprios locais de geração.	- <i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c). - <i>European Commission</i> (2018).
22	Realizar pesquisa de mercado para reciclagem dos RCC gerados durante a obra revisando opções de reciclagem.	<i>General Services Administration</i> (2012).
23	Vender materiais não utilizados para lojas de materiais de construção, bolsas de troca de materiais arquitetônicos salvos de alta qualidade, distribuidores de madeira recuperada, recicladores de sucata, proprietários individuais, bolsas de resíduos ou outros pontos de venda.	<i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004).
24	Inserir anúncios em jornais locais sobre RCC em excesso (quando necessário).	<i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004).
25	Caso não seja possível vender os itens salvos, doar o que for possível para economizar dinheiro com as operações de descarte.	<i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004).

Quadro 19 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos da Análise de Normas e Legislações a Nível Internacional

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
26	Incluir especificações, requisitos de documentação e documentações claras referentes à RCC nas fases de concorrência e licitação. Exemplos: acordos contratuais sobre redução de resíduos, inclusão de indicadores-chave de desempenho, comparação da produção de resíduos e utilização de metas de recuperação e de desvio de resíduos.	- <i>General Services Administration (2012)</i> . - Comissão Europeia (2016a).
27	Obter do Contratante a quantidade de material reciclado ou reutilizado do total de material descartado. Isso deve ocorrer antes do final do projeto e precisa ser registrado no banco de dados do Sistema de Gerenciamento de RCC, caso este exista.	<i>General Services Administration (2012)</i> .
28	Dar preferência a fornecedores que ofereçam créditos de devolução para materiais não utilizados.	- <i>Exhibition Place (2012)</i> . - <i>WRAP ([s.d.]</i>). - <i>Asian Development Bank (2018d)</i> .
29	Apropriar nos orçamentos dos projetos despesas incorridas das atividades envolvendo RCC, como: desmontagem separada, descarga segregada, armazenamento, disposição e reciclagem, além de especificar questões necessárias para reciclagem nos contratos escritos, incluindo especificações de construção.	<i>Statutes of the Republic of Korea (2019)</i> .
30	Limitar custos referentes ao tratamento e à disposição de resíduos nos orçamentos das obras, visando incentivar a reutilização de RCC no local, além de reduzir sua geração.	- <i>Asian Development Bank (2018d)</i> .
31	Inspecionar materiais de construção após seu recebimento. Todas as mercadorias danificadas devem ser imediatamente devolvidas ao fornecedor.	<i>Exhibition Place (2012)</i> .
32	Plano Logístico: o desenvolvimento de um plano logístico nas primeiras etapas do projeto garante que seja dada devida consideração aos requisitos de materiais ao longo da fase de construção do projeto, permitindo o gerenciamento eficiente da entrega e que os métodos logísticos mais eficazes sejam adotados.	- <i>WRAP ([s.d.]</i>). - <i>Asian Development Bank (2018d)</i> .
33	Entrega “ <i>just-in-time</i> ”: melhorar o movimento de materiais para o local e dentro do local para aliviar as restrições de espaço para armazenamento e congestão no canteiro.	- <i>WRAP ([s.d.]</i>). - <i>Asian Development Bank (2018d)</i> .

Quadro 19 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos da Análise de Normas e Legislações a Nível Internacional

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
34	Centros de Consolidação de Construção: estes centros proporcionam soluções eficazes de gerenciamento da cadeia de suprimentos, permitindo o fluxo seguro e eficiente de materiais e equipamentos de construção do fornecedor para o local.	- WRAP ([s.d.]). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).
35	Sempre que possível, recorrer às estações de transferência de resíduos (ou a contentores de recolhimento), já que estas desempenham um papel fundamental no sistema de gestão de resíduos local, servindo de ligação entre o ponto de recolha local de RCC (locais de demolição) e as instalações de eliminação final de resíduos.	Comissão Europeia (2016a).
36	Tentar manter distâncias curtas entre canteiros de obras e instalações de triagem e reciclagem.	Comissão Europeia (2016a).
37	Otimizar a utilização de redes rodoviárias e os lucros com tecnologias de informação (TI) adequadas para otimizar os percursos percorridos, buscando-se menores gastos com combustível.	Comissão Europeia (2016a).
38	Transparência, acompanhamento e rastreio na logística dos resíduos: facultar a documentação necessária a todas as empresas contratadas, a fim de apoiar a transparência e a monitorização, utilizando a lista de resíduos aplicável no território nacional para assegurar a comparabilidade dos dados em todo o país.	Comissão Europeia (2016a).
39	Mapeamento dos processos de manejo de resíduos, como a elaboração de resumos por tipos de saída e atividades recomendadas.	Comissão Europeia (2016a).
40	Elaborar lista de instalações locais de gestão de resíduos, especificando seus serviços (se possível).	Comissão Europeia (2016a).
41	Manter as áreas de armazenamento (de materiais e resíduos) seguras, protegidas e à prova de intempéries para evitar danos e roubos.	- <i>Exhibition Place</i> (2012). - WRAP ([s.d.]). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).
42	Armazenar materiais em superfícies niveladas elevadas acima do solo.	- <i>Exhibition Place</i> (2012). - WRAP ([s.d.]). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).

Quadro 19 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos da Análise de Normas e Legislações a Nível Internacional

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
43	Maximizar o potencial de acumulação de resíduos, tomando-se as precauções necessárias para minimizar riscos, uma vez que a acumulação de RCC pode originar emissões e diversos riscos, como: poluição da água, lixiviação ou escoamento de contaminantes e partículas.	Comissão Europeia (2016a).
44	Métodos Modernos de Construção (MMC): melhorias nos produtos ou processos empregados na indústria da construção, as quais vão desde componentes inovadores a serem utilizados no local até sistemas de construção completos fabricados fora do local. Exemplos: elementos pré-fabricados ou pré-montados, construção volumétrica modular ou panelizada onde possível (como escadas, conjuntos de elevadores e estruturas de aço arquitetônico).	<ul style="list-style-type: none"> - WRAP ([s.d.]). - <i>Exhibition Place</i> (2012). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).
45	Complexidade de <i>design</i> : reduzir a complexidade do <i>design</i> (evitar “superespecificações”) para padronizar o processo de construção e reduzir a quantidade de materiais necessários. Projetar tamanhos e espaços de edifício pensando em eliminar elementos desnecessários e em reduzir cortes resultantes do processo de construção, garantindo compatibilidade entre oferta de mercado e especificação.	<ul style="list-style-type: none"> - WRAP ([s.d.]). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).
46	Flexibilidade de <i>design</i> : garantir flexibilidade no design para futuras expansões, adaptações e/ou desmontagem do edifício.	<ul style="list-style-type: none"> - WRAP ([s.d.]). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).
47	Design para materiais de construção sustentáveis: Dar prioridade aos materiais sustentáveis na seleção de materiais construtivos.	<i>Asian Development Bank</i> (2018d).
48	Sempre que possível, promover a avaliação e preservação da disposição de construções antigas, preservando edifícios existentes ao invés de construir novas edificações.	<i>Asian Development Bank</i> (2018d).

Quadro 19 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos da Análise de Normas e Legislações a Nível Internacional

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
49	<p>Utilizar <i>checklists</i> nos canteiros de obras para auxiliar os profissionais da indústria da construção e da demolição a identificarem se seguiram as etapas mais importantes nos seus projetos, a fim de garantir a reutilização e reciclagem adequadas dos materiais de construção. Os <i>checklists</i> devem conter as seguintes etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificação, separação na origem e recolha dos resíduos; - Logística de resíduos; - Processamento e tratamento de resíduos; e - Gestão e garantia da qualidade. 	Comissão Europeia (2016a).
50	<p>Realizar Inspeções e/ou Auditorias de Pré-Demolição (também chamadas de Auditorias de Gestão de Resíduos, conforme legislações pertinentes), com as seguintes informações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificação de todos os materiais de resíduos que serão gerados durante a demolição, especificando a quantidade, a qualidade e a localização no edifício ou nas infraestruturas civis; e - Informações sobre: (i) quais os materiais que devem (obrigatoriamente) ser separados na origem (por exemplo, resíduos perigosos); (ii) quais os materiais que podem ou não ser reutilizados ou reciclados; (iii) modo como os resíduos (perigosos e não perigosos) serão geridos e quais as possibilidades de reciclagem. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>General Services Administration (2012)</i>. - Comissão Europeia (2016a). - <i>European Commission (2018)</i>.

Quadro 19 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos da Análise de Normas e Legislações a Nível Internacional

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
51	Monitorização de todo o processo por autoridades locais ou organismos terceiros por meio de: (i) controle de “interdemolição” no local após remoção dos resíduos perigosos; (ii) controles posteriores com base em amostragens; e/ou (iii) controles posteriores para verificar qual o destino de todos os materiais não recicláveis ou não reutilizáveis (verificação dos documentos de transporte, certificados de tratamento ou de processamento de resíduos, entre outros) e se foram aplicadas as regras e a legislação em matéria de tratamento dos fluxos de resíduos.	Comissão Europeia (2016a).
52	Etapas necessárias na fase de transportes dos resíduos: - Transporte seguro; - Diligências especiais/declaração sobre os resíduos perigosos; - Formulário de identificação; e - Transportador registrado ou aprovado.	Comissão Europeia (2016a).
53	Etapas necessárias na fase de processamento e tratamento de resíduos: - Admissão dos resíduos na estação de reciclagem/no aterro; - Controle de entrada (exemplo, protocolo do amianto); - Controle de produção em fábrica (exemplo: verificação das características essenciais dos produtos); - Critérios de admissão (exemplo, matérias-primas utilizadas em produtos reciclados); - Frequência da colheita de amostras; e - Identificação dos agregados reciclados utilizados num produto/estrutura específicos.	- Comissão Europeia (2016a). - <i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c).
54	Prevenção de contaminação dos materiais recicláveis por resíduos perigosos.	<i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004).
55	Remover resíduos perigosos antes do início das atividades de demolição ou de reforma.	Comissão Europeia (2016a).
56	Separar e armazenar resíduos perigosos em recipientes adequados, claramente rotulados e mantidos sob cobertura.	Comissão Europeia (2016a).

Quadro 19 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos da Análise de Normas e Legislações a Nível Internacional

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
57	Reciclagem/recuperação de solventes, ácidos, bases e substâncias orgânicas não utilizadas como solventes (exemplo: materiais utilizados em operações de compostagem e outros processos de transformação biológica, componentes utilizados para abatimento de poluição e de catalisadores).	- União Europeia (2008). - <i>Italia</i> (2010). - <i>General Services Administration</i> (2012).
58	Refino ou outras reutilizações de óleos.	- União Europeia (2008). - <i>Italia</i> (2010). - <i>General Services Administration</i> (2012).

Fonte: Autor (2024).

Assim como ocorreu na seção 5.3, nota-se que diferentes legislações apresentaram as mesmas particularidades relevantes, como a recomendação de manter as áreas de armazenamento – tanto de materiais quanto de resíduos – seguras, protegidas e à prova de intempéries. Esta recomendação está presente no documento “*Exhibition Place - Construction Waste Management Plan (CWMP)*”, de 2012 (aplicado no Canadá) e o “Relatório do Consultor de Assistência Técnica - Gestão e Reciclagem de Resíduos da construção civil” (do original “*Technical Assistance Consultant’s Report - Construction and Demolition Waste Management and Recycling*”), elaborado pelo Banco Asiático de Desenvolvimento (do original *Asian Development Bank – ADB*) em 2018 e aplicado no contexto chinês.

Sendo assim, nos casos em que mais de um documento apresentou a mesma recomendação, foi criado um único registro referenciando cada documento que possui esta recomendação.

Além disso, assim como ocorreu nas seções 5.2 e 5.3, também foram encontradas recomendações referentes à gestão macro de RCC. Maiores informações sobre estas particularidades macro estão descritas na seção 5.9.

5.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

Utilizando os resultados obtidos na seção 4.6 foi possível obter 52 oportunidades distintas de melhoria na gestão de RCC em canteiros de obra, conforme demonstrado no Quadro 20.

Quadro 20 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos pela Revisão Bibliográfica Sistemática

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
1	Utilização de resíduos como combustíveis em outros meios de geração de energia (processo também chamado de valorização energética).	- Guimarães e Fiore (2020). - Wu, Yu e Poon (2020).
2	Utilização de técnicas de demolição e/ou desmontagem seletivas e de reutilização de estruturas existentes, facilitando a máxima taxa de recuperação em canteiros de obras que contenham demolições ou reformas.	- Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Wu, Yu e Poon (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
3	Incentivar técnicas de reutilização e recuperação de materiais em novos locais de construção, caso não seja possível utilizá-los no próprio canteiro de obras. Exemplo: Reutilização e recuperação de materiais de escavações, demolições e obras de reforma.	Kelly e Dowd (2017).
4	Adoção de projetos que minimizem as perdas o máximo possível. Exemplos: (i) manter pedaços de gesso facilmente acessíveis para uso em pequenos espaços; (ii) substituir solventes, adesivos e revestimentos tóxicos por produtos menos perigosos; e (iii) preparar lotes de teste menores de solventes e revestimentos, entre outras.	- Zhang <i>et al.</i> (2012). - Won e Cheng (2017). - Wu, Yu e Poon (2019).
5	Minimizar a quantidade e maximizar a qualidade dos materiais.	- Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020). - Wu, Yu e Poon (2020).
6	Comprar produtos em quantidades maiores para eliminar o aumento de resíduos associados a embalagens individuais ou pedir a quantidade correta no momento certo para reduzir a quantidade de materiais excedentes.	Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).

Quadro 20 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos pela Revisão Bibliográfica Sistemática

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
7	Envolver a cadeia de suprimentos para fornecer produtos e materiais que usem embalagens mínimas, além de separar as embalagens para reutilização.	Won e Cheng (2017).
8	Uso de análises de <i>big data</i> na gestão de RCC.	- Chen <i>et al.</i> (2018a). - Lu (2018). - Wu, Yu e Poon (2019).
9	Adotar sistemas de Modelagem de Informações de Construção (BIM) 3D como estratégia para melhorar a produtividade e eficiência em projetos de construção, possibilitando o desenvolvimento de modelos de <i>design</i> mais eficientes.	Ruiz, Ramón e Domingo (2020).
10	Incluir manifestos e etiquetas de peso nos documentos do projeto.	Li <i>et al.</i> (2020).
11	Boa comunicação do projeto com responsabilidades claramente definidas: Elaborar PGRCC detalhados, com recomendações sobre esquemas de "retomada" de fornecedores, cooperação com subempreiteiros, educação e treinamento por meio de conversas específicas no local e estrutura clara de comunicação e responsabilidade para cada projeto.	- Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Kelly e Dowd (2017). - Won e Cheng (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
12	Aumentar a conscientização entre clientes e empreiteiros em relação aos PGRCC.	Aboginiye, Aigbavboa e Thwala (2020).
13	Designar coordenador para o PGRCC para garantir que o plano seja seguido no canteiro de obras.	Won e Cheng (2017).

Quadro 20 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos pela Revisão Bibliográfica Sistemática

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
14	Identificar os resíduos potenciais no início dos projetos para minimizar o volume dos RCC gerados no decorrer da construção, estimando as quantidades com a ajuda de experiências anteriores dos empreiteiros envolvidos no projeto.	<ul style="list-style-type: none"> - Martínez-Bertrand e Tomé (2009). - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Won e Cheng (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Thomas e Wilson (2013). - Cai e Waldmann (2019). - Meckwan e Patel (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
15	Utilização de procedimentos e metodologias para garantir as melhores opções de gestão: Técnicas de controle no local, como inspeção visual, registro computadorizado ou fotográfico, sinais, símbolos e informações, emissão e controle de certificados de gestão de resíduos e, se necessário, pré-tratamento de resíduos disponível no local quando altas taxas de segregação precisam ser alcançadas (exemplos: compactadores, rolos compactadores, prensas de papelão, entre outros).	Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).
16	Máxima segregação de resíduos nas fontes geradoras e sua valorização, buscando o incentivo à retenção/utilização de resíduos nos próprios locais de geração.	<ul style="list-style-type: none"> - Poon <i>et al.</i> (2001). - Poon <i>et al.</i> (2004). - Wu, Yu, Sun Poon (2019). - Guimarães e Fiore (2020).

Quadro 20 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos pela Revisão Bibliográfica Sistemática

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
17	<p>Classificação visual da segregação de RCC em 3 níveis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Boa segregação: todos os resíduos no recipiente são do mesmo tipo; - Segregação razoável: é possível distinguir a presença de um resíduo dominante, bem como a presença de outro tipo de resíduo em menor quantidade no recipiente; e - Má segregação: não é possível distinguir um tipo específico de resíduo nos recipientes devido a um alto nível de mistura e/ou se há resíduos perigosos presentes. 	Dalla Zanna, Fernandes e Gasparine (2017).
18	As melhores opções de segregação para um canteiro de obras devem ser analisadas antecipadamente à atividade de construção para que os recursos possam ser alocados para a gestão de resíduos.	<ul style="list-style-type: none"> - Martínez-Bertrand e Tomé (2009). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Won e Cheng (2017).
19	Aprimorar as técnicas de coleta e segregação, realizando ações como: utilização de recipientes de coleta com identificação para cada tipo de resíduo, inserção dos recipientes de coleta em um mesmo ponto do canteiro de obras, uso de pontos temporários ao lado de posições de trabalho, entre outras.	Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).
20	Separar e processar fluxos de resíduos monofracionados sempre que possível.	<ul style="list-style-type: none"> - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
21	Compra de materiais reutilizáveis, reciclados ou renováveis de forma sustentável.	Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).

Quadro 20 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos pela Revisão Bibliográfica Sistemática

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
22	Auxiliar no desenvolvimento de mercados de materiais secundários resilientes.	<ul style="list-style-type: none"> - Won e Cheng (2017). - Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020). - Ruiz, Ramón e Domingo (2020). - Wu, Yu e Poon (2020). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
23	Incluir especificações, requisitos de documentação e documentações claras referentes à RCC nas fases de concorrência e licitação. Exemplos: acordos contratuais sobre redução de resíduos, inclusão de indicadores-chave de desempenho, comparação da produção de resíduos e utilização de metas de recuperação e de desvio de resíduos.	<ul style="list-style-type: none"> - Kelly e Dowd (2017). - Won e Cheng (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).
24	Apropriar nos orçamentos dos projetos despesas incorridas das atividades envolvendo RCC, como: desmontagem separada, descarga segregada, armazenamento, disposição e reciclagem, além de especificar questões necessárias para reciclagem nos contratos escritos, incluindo especificações de construção.	<ul style="list-style-type: none"> Won e Cheng (2017).
25	Promover logística reversa e outros esquemas de negócios a negócios em contratos.	<ul style="list-style-type: none"> - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
26	Plano Logístico: o desenvolvimento de um plano logístico nas primeiras etapas do projeto garante que seja dada devida consideração aos requisitos de materiais ao longo da fase de construção do projeto, permitindo o gerenciamento eficiente da entrega e que os métodos logísticos mais eficazes sejam adotados.	<ul style="list-style-type: none"> Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).

Quadro 20 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos pela Revisão Bibliográfica Sistemática

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
27	Entrega “ <i>just-in-time</i> ”: melhorar o movimento de materiais para o local e dentro do local para aliviar as restrições de espaço para armazenamento e congestão no canteiro.	Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).
28	Transparência, acompanhamento e rastreamento na logística dos resíduos: facultar a documentação necessária a todas as empresas contratadas, a fim de apoiar a transparência e a monitorização, utilizando a lista de resíduos aplicável no território nacional para assegurar a comparabilidade dos dados em todo o país.	Won e Cheng (2017).
29	Mapeamento dos processos de manejo de resíduos, como a elaboração de resumos por tipos de saída e atividades recomendadas.	- Lu <i>et al.</i> (2006). - Lu (2018). - Wu, Yu e Poon (2020).
30	Evitar a manipulação desnecessária de materiais, o que pode levar à fratura de materiais no canteiro.	- Won e Cheng (2017). - Meckwan e Patel (2019).
31	Planejar serviços e rotas de serviço para fácil manutenção e substituição.	Kelly e Dowd (2017).
32	Provisão de logística de resíduos: Definir melhores tipos de coletas (reativa ou programada) de acordo com os resíduos coletados.	Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).
33	Planejar adequadamente a gestão da cadeia de abastecimento para controlar os estoques de materiais.	- Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).

Quadro 20 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos pela Revisão Bibliográfica Sistemática

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
34	Manter as áreas de armazenamento (de materiais e resíduos) seguras, protegidas e à prova de intempéries para evitar danos e roubos.	<ul style="list-style-type: none"> - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Won e Cheng (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
35	Armazenar materiais em superfícies niveladas elevadas acima do solo.	Won e Cheng (2017).
36	Métodos Modernos de Construção (MMC): melhorias nos produtos ou processos empregados na indústria da construção, as quais vão desde componentes inovadores a serem utilizados no local até sistemas de construção completos fabricados fora do local. Exemplos: elementos pré-fabricados ou pré-montados, construção volumétrica modular ou panelizada onde possível (como escadas, conjuntos de elevadores e estruturas de aço arquitetônico).	<ul style="list-style-type: none"> - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Kelly e Dowd (2017). - Won e Cheng (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Osobajo <i>et al.</i> (2020). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
37	Complexidade de <i>design</i> : reduzir a complexidade do <i>design</i> (evitar “superespecificações”) para padronizar o processo de construção e reduzir a quantidade de materiais necessários. Projetar tamanhos e espaços de edifício pensando em eliminar elementos desnecessários e em reduzir cortes resultantes do processo de construção, garantindo compatibilidade entre oferta de mercado e especificação.	<ul style="list-style-type: none"> - Kelly e Dowd (2017). - Won e Cheng (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).
38	Flexibilidade de <i>design</i> : garantir flexibilidade no design para futuras expansões, adaptações e/ou desmontagem do edifício.	Kelly e Dowd (2017).

Quadro 20 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos pela Revisão Bibliográfica Sistemática

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
39	Coordenação dimensional: basear projetos em <i>layouts</i> de grade com padrões de dimensionamento para otimizar os projetos como um todo.	- Kelly e Dowd (2017). - Won e Cheng (2017).
40	Evitar mudanças de design frequentes e/ou de última hora.	- Won e Cheng (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).
41	Design para materiais de construção sustentáveis: Dar prioridade aos materiais sustentáveis na seleção de materiais construtivos.	Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).
42	Especificar materiais duráveis para facilitar a maximização da reutilização.	- Kelly e Dowd (2017). - Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).
43	Envolvimento coordenado das partes interessadas nas primeiras etapas de cada projeto.	- Kelly e Dowd (2017). - Won e Cheng (2017). - Shooshtarian <i>et al.</i> (2019).
44	Utilizar profundidades corretas de fundação e terraplenagem para obter cortes zero de material escavado, sempre que possível.	- Kelly e Dowd (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).
45	Maximizar a recuperação de materiais nas fases de fim de vida: número limitado de diferentes materiais e componentes e utilizar materiais fáceis de separar.	- Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).

Quadro 20 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos pela Revisão Bibliográfica Sistemática

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
46	<p>Realizar Inspeções e/ou Auditorias de Pré-Demolição (também chamadas de Auditorias de Gestão de Resíduos, conforme legislações pertinentes), com as seguintes informações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificação de todos os materiais de resíduos que serão gerados durante a demolição, especificando a quantidade, a qualidade e a localização no edifício ou nas infraestruturas civis; e - Informações sobre: (i) quais os materiais que devem (obrigatoriamente) ser separados na origem (por exemplo, resíduos perigosos); (ii) quais os materiais que podem ou não ser reutilizados ou reciclados; (iii) modo como os resíduos (perigosos e não perigosos) serão geridos e quais as possibilidades de reciclagem. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kelly e Dowd (2017). - Wu, Yu e Poon (2020).
47	<p>Monitorização de todo o processo por autoridades locais ou organismos terceiros por meio de: (i) controle de “interdemolição” no local após remoção dos resíduos perigosos; (ii) controles posteriores com base em amostragens; e/ou (iii) controles posteriores para verificar qual o destino de todos os materiais não recicláveis ou não reutilizáveis (verificação dos documentos de transporte, certificados de tratamento ou de processamento de resíduos, entre outros) e se foram aplicadas as regras e a legislação em matéria de tratamento dos fluxos de resíduos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
48	<p>Envolvimento de especialistas em resíduos nos canteiros de obras.</p>	<p>Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).</p>

Quadro 20 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos pela Revisão Bibliográfica Sistemática

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
49	<p>Etapas necessárias na fase de transportes dos resíduos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transporte seguro; - Diligências especiais/declaração sobre os resíduos perigosos; - Formulário de identificação; e - Transportador registrado ou aprovado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
50	<p>Utilizar indicadores e índices para expressar o desempenho da gestão de RCC, assim como auxiliar seu gerenciamento no canteiro. Os indicadores podem ser divididos em temas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gerenciamento de Obras; - Controle de Documentação; - Segregação e Acondicionamento Inicial de RCC; - Transporte e Acondicionamento Final de resíduos; - Destinação Final dos Resíduos; e - Gerenciamento de Resíduos Perigosos. <p>Exemplos: volume e altura de resíduos, custos (matéria-prima, transporte, disposição, custo total da gestão e por m²), índice de qualidade da gestão de resíduos entre outros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - European Comission (2015a). - Dalla Zanna, Fernandes e Gasparine (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Ruiz, Ramón e Domingo (2020). - Fonsêca <i>et al.</i> (2022).
51	<p>Separar e armazenar resíduos perigosos em recipientes adequados, claramente rotulados e mantidos sob cobertura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Won e Cheng (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).
52	<p>Evitar longos períodos de armazenamento no local sempre que possível.</p>	<p>Won e Cheng (2017).</p>

Fonte: Autor (2024).

Assim como ocorreu nas seções 5.3 e 5.4, nota-se que diferentes autores apresentaram algumas recomendações semelhantes, como “basear projetos em layouts de grade com padrões de dimensionamento para otimizar os projetos como um todo”, recomendação feita tanto por Kelly e Dowd (2017), quanto por Won e Cheng (2017).

Sendo assim, seguindo o padrão das demais seções, nos casos em que mais de um documento apresentou a mesma recomendação, foi criado um único registro referenciando cada autor que sugeriu esta recomendação em seu trabalho.

Além disso, assim como ocorreu nas seções anteriores, também foram encontradas recomendações referentes à gestão macro de RCC. Maiores informações sobre estas particularidades macro estão descritas na seção 5.9.

5.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS – ANÁLISE DAS PRINCIPAIS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS COM INDICADORES DE GESTÃO DE RCC

Utilizando os resultados obtidos na seção 4.7 foi possível obter 10 oportunidades distintas de melhoria na gestão de RCC em canteiros de obra, conforme demonstrado no Quadro 21.

Quadro 21 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos pela Análise das Principais Certificações Ambientais com Indicadores de Gestão de RCC

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
1	Utilização de resíduos como combustíveis em outros meios de geração de energia (processo também chamado de valorização energética).	- <i>International Initiative for a Sustainable Built Environment</i> (2022b). - <i>U.S. Green Building Council</i> (2024).
2	Caso haja valorização energética de resíduos no projeto demonstrar que as estratégias de reutilização e reciclagem foram esgotadas antes de enviar os materiais para instalações de energia a partir de resíduos por meio da apresentação de documentos como: - PGRCC em conformidade com a legislação local; - Demonstração de estratégias de prevenção de resíduos/estratégias de <i>design</i> usadas no projeto para alcançar o limiar de resíduos; - Cálculo total de resíduos por área (buscando-se pontos de Prevenção de Resíduos); - Cálculo da gestão de RCC demonstrando quantidades totais e quantidades desviadas de aterros; e - Documentação de taxas de reciclagem para instalações mistas.	<i>U.S. Green Building Council</i> (2024).
3	Identificar os resíduos potenciais no início dos projetos para minimizar o volume dos RCC gerados no decorrer da construção, estimando as quantidades com a ajuda de experiências anteriores dos empreiteiros envolvidos no projeto.	<i>U.S. Green Building Council</i> (2024).
4	Máxima segregação de resíduos nas fontes geradoras e sua valorização, buscando o incentivo à retenção/utilização de resíduos nos próprios locais de geração.	<i>International Initiative for a Sustainable Built Environment</i> (2022b).
5	As melhores opções de segregação para um canteiro de obras devem ser analisadas antecipadamente à atividade de construção para que os recursos possam ser alocados para a gestão de resíduos.	<i>U.S. Green Building Council</i> (2024).

Quadro 21 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra obtidos pela Análise das Principais Certificações Ambientais com Indicadores de Gestão de RCC

Ordem	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
6	Vender materiais não utilizados para lojas de materiais de construção, bolsas de troca de materiais arquitetônicos salvos de alta qualidade, distribuidores de madeira recuperada, recicladores de sucata, proprietários individuais, bolsas de resíduos ou outros pontos de venda.	<i>U.S. Green Building Council (2024).</i>
7	Inserir anúncios em jornais locais sobre RCC em excesso (quando necessário).	<i>U.S. Green Building Council (2024).</i>
8	Caso não seja possível vender os itens salvos, doar o que for possível para economizar dinheiro com as operações de descarte.	<i>U.S. Green Building Council (2024).</i>
9	Incluir especificações, requisitos de documentação e documentações claras referentes à RCC nas fases de concorrência e licitação. Exemplos: acordos contratuais sobre redução de resíduos, inclusão de indicadores-chave de desempenho, comparação da produção de resíduos e utilização de metas de recuperação e de desvio de resíduos.	<i>U.S. Green Building Council (2024).</i>
10	Dar preferência a fornecedores que ofereçam créditos de devolução para materiais não utilizados.	<i>U.S. Green Building Council (2024).</i>

Fonte: Autor (2024).

Assim como ocorreu nas seções anteriores da Discussão dos Resultados desta Dissertação, a recomendação de utilização de resíduos como combustíveis em outros meios de geração de energia (processo também chamado de valorização energética) foi encontrada em duas certificações ambientais distintas: *SBTool* e *LEED v4.1 Building Design and Construction (BD+C)*.

Sendo assim, seguindo o padrão das demais seções, nestes casos em que mais de um documento apresentou a mesma recomendação, foi criado um único registro referenciando as duas certificações ambientais.

Cabe destacar que, como as certificações ambientais estudadas já possuem tipologias destinadas a diferentes usos – como o LEED, que possui critérios voltados a: (i) novas

construções (BD+C); (ii) escritórios comerciais e lojas de varejo (ID+C); (iii) empreendimentos existentes (O+M); e (iv) bairros (ND) – foram inclusas na Matriz Comparativa de Modelos de Gestão somente recomendações referentes à gestão de RCC em canteiros de obras (gestão micro).

5.7 COMPARAÇÃO ENTRE DADOS LEVANTADOS

Comparando os Quadros 17 a 21 demonstrados nas seções 5.2 a 5.6, notou-se que grande parte das particularidades encontradas durante a realização de determinada etapa (exemplo: Análise de Legislações Municipais e Estaduais) foram novamente encontradas durante a realização de uma etapa seguinte (exemplo: Estudo dos Artigos Obtidos pela RBS).

Sendo assim, a primeira comparação de dados realizadas consistiu na análise dos principais pontos obtidos durante cada uma das etapas buscando-se familiaridades de assuntos, recomendações próximas, ou mesmo, idênticas.

Durante esta comparação entre os dados levantados, notou-se que os registros obtidos poderiam ser divididos em 12 subtemas, sendo eles:

- **Subtema 1: Soluções de Projeto e *Design*:** referem-se a possíveis mudanças que podem ser feitas na etapa de Projetos e *Design* que auxiliam a gestão de RCC durante toda a vida útil do projeto;
- **Subtema 2: Mudanças Aplicáveis a Contratos:** referem-se a possíveis mudanças identificadas durante a análise das legislações e documentos estudados que podem ser feitas nos contratos entre clientes e construtoras, gerando melhorias na gestão de RCC nos canteiros de obras;
- **Subtema 3: Melhorias nos PGRCC:** referem-se a possíveis melhorias a serem feitas nos Planos de Geração de Resíduos da Construção Civil;

- **Subtema 4: Práticas de Redução da Geração de RCC no Canteiro de Obras:** referem-se a práticas voltadas à redução da geração de resíduos no próprio canteiro de obras;
- **Subtema 5: Práticas de Aproveitamento de RCC:** referem-se a práticas de reaproveitamento, reciclagem e valorização e energética dos RCC;
- **Subtema 6: Práticas de Logística de Materiais e Resíduos:** referem-se a práticas de logística (como transportes interno e externo, recebimento de materiais, dentre outros) que podem gerar melhorias na gestão de RCC nos canteiros de obras como um todo;
- **Subtema 7: Práticas de Segregação e Triagem de RCC:** referem-se a práticas de segregação e triagem de RCC no canteiro de obras;
- **Subtema 8: Práticas de Armazenamento de Materiais e Resíduos:** referem-se a práticas de armazenamento de materiais (para minimizar a geração de resíduos) e de armazenamento dos próprios resíduos (para possibilitar seu uso futuro das melhores formas possíveis);
- **Subtema 9: Operações Específicas de Materiais Perigosos (Classe D):** referem-se a práticas voltadas aos materiais perigosos utilizados e gerados durante as obras;
- **Subtema 10: Fortalecimento do Mercado de RCC:** referem-se a formas de fortalecer o mercado de materiais constituídos de resíduos reciclados, agregados reciclados, ou mesmo operações entre duas empresas com os próprios RCC (compra, venda, doação, troca, etc.);
- **Subtema 11: Sistemas/Ferramentas Online:** referem-se a sistemas, aplicativos e/ou ferramentas online que auxiliam na gestão de RCC durante toda a cadeia; e

- **Subtema 12: Gestão de Qualidade:** referem-se a práticas de gestão de qualidade que devem ser feitas em todas as demais etapas para garantir uma gestão de RCC adequada no canteiro de obras.

Considerando os 12 subtemas e as particularidades identificadas foi possível obter o Quadro 22 a seguir.

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
1-Soluções de Projeto e Design	Métodos Modernos de Construção (MMC): melhorias nos produtos ou processos empregados na indústria da construção, as quais vão desde componentes inovadores a serem utilizados no local até sistemas de construção completos fabricados fora do local. Exemplos: elementos pré-fabricados ou pré-montados, construção volumétrica modular ou panelizada onde possível (como escadas, conjuntos de elevadores e estruturas de aço arquitetônico).	<ul style="list-style-type: none"> - WRAP ([s.d.]). - <i>Exhibition Place</i> (2012). - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Kelly e Dowd (2017). - Won e Cheng (2017). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Osobajo <i>et al.</i> (2020). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
1-Soluções de Projeto e Design	Complexidade de <i>design</i> : reduzir a complexidade do <i>design</i> (evitar “superespecificações”) para padronizar o processo de construção e reduzir a quantidade de materiais necessários. Projetar tamanhos e espaços de edifício pensando em eliminar elementos desnecessários e em reduzir cortes resultantes do processo de construção, garantindo compatibilidade entre oferta de mercado e especificação.	<ul style="list-style-type: none"> - WRAP ([s.d.]). - Kelly e Dowd (2017). - Won e Cheng (2017). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).
1-Soluções de Projeto e Design	Flexibilidade de <i>design</i> : garantir flexibilidade no design para futuras expansões, adaptações e/ou desmontagem do edifício.	<ul style="list-style-type: none"> - WRAP ([s.d.]). - Kelly e Dowd (2017). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
1-Soluções de Projeto e Design	Coordenação dimensional: basear projetos em <i>layouts</i> de grade com padrões de dimensionamento para otimizar os projetos como um todo.	- Kelly e Dowd (2017). - Won e Cheng (2017).
1-Soluções de Projeto e Design	Evitar mudanças de design frequentes e/ou de última hora.	- Won e Cheng (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).
1-Soluções de Projeto e Design	Design para materiais de construção sustentáveis: Dar prioridade aos materiais sustentáveis na seleção de materiais construtivos.	- <i>Asian Development Bank</i> (2018d). - Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).
1-Soluções de Projeto e Design	Especificar materiais duráveis para facilitar a maximização da reutilização.	- Kelly e Dowd (2017). - Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).
1-Soluções de Projeto e Design	Sempre que possível, promover a avaliação e preservação da disposição de construções antigas, preservando edifícios existentes ao invés de construir novas edificações.	<i>Asian Development Bank</i> (2018d).
1-Soluções de Projeto e Design	Envolvimento coordenado das partes interessadas nas primeiras etapas de cada projeto.	- Kelly e Dowd (2017). - Won e Cheng (2017). - Shooshtarian <i>et al.</i> (2019).
1-Soluções de Projeto e Design	Utilizar profundidades corretas de fundação e terraplenagem para obter cortes zero de material escavado, sempre que possível.	- Kelly e Dowd (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).
1-Soluções de Projeto e Design	Maximizar a recuperação de materiais nas fases de fim de vida: número limitado de diferentes materiais e componentes e utilizar materiais fáceis de separar.	- Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
2-Mudanças Aplicáveis a Contratos	Incluir especificações, requisitos de documentação e documentações claras referentes à RCC nas fases de concorrência e licitação. Exemplos: acordos contratuais sobre redução de resíduos, inclusão de indicadores-chave de desempenho, comparação da produção de resíduos e utilização de metas de recuperação e de desvio de resíduos.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>General Services Administration (2012)</i>. - Comissão Europeia (2016a). - Kelly e Dowd (2017). - Won e Cheng (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020). - <i>U.S. Green Building Council (2024)</i>.
2-Mudanças Aplicáveis a Contratos	Obter do Contratante a quantidade de material reciclado ou reutilizado do total de material descartado. Isso deve ocorrer antes do final do projeto e precisa ser registrado no banco de dados do Sistema de Gerenciamento de RCC, caso este exista.	<i>General Services Administration (2012)</i> .
2-Mudanças Aplicáveis a Contratos	Dar preferência a fornecedores que ofereçam créditos de devolução para materiais não utilizados.	<ul style="list-style-type: none"> - WRAP ([s.d.]). - <i>Exhibition Place (2012)</i>. - <i>Asian Development Bank (2018d)</i>. - <i>U.S. Green Building Council (2024)</i>.
2-Mudanças Aplicáveis a Contratos	Apropriar nos orçamentos dos projetos despesas incorridas das atividades envolvendo RCC, como: desmontagem separada, descarga segregada, armazenamento, disposição e reciclagem, além de especificar questões necessárias para reciclagem nos contratos escritos, incluindo especificações de construção.	<ul style="list-style-type: none"> - Won e Cheng (2017). - <i>Statutes of the Republic of Korea (2019)</i>.
2-Mudanças Aplicáveis a Contratos	Limitar custos referentes ao tratamento e à disposição de resíduos nos orçamentos das obras, visando incentivar a reutilização de RCC no local, além de reduzir sua geração.	<i>Asian Development Bank (2018d)</i> .

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
2-Mudanças Aplicáveis a Contratos	Promover logística reversa e outros esquemas de negócios a negócios em contratos.	<ul style="list-style-type: none"> - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
3-Melhorias nos PGRCC	<p>Informações mínimas que devem constar em planos de gerenciamento de RCC:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Movimentação interna dos resíduos (tipo de resíduos, dia e hora de entrada e saída, quantidade, local de estocagem temporária, tipo de transporte e destinação final); - Plano de gerenciamento com o programa de redução da geração na fonte; - Tipos de acondicionamento, manuseio e armazenamento interno dos resíduos; - Coleta, transporte interno e pré-tratamento dos resíduos; - Plano de contingência e emergência, de melhorias e ações corretivas; - Compartilhamento de soluções com outras empresas; - Processo de mobilização dos servidores e educação ambiental; e - Importância dos indicadores na contratação da prestação dos serviços. 	<p>Prefeitura Municipal de Guarulhos (2013).</p>
3-Melhorias nos PGRCC	Incorporar equipamentos e áreas de segregação, processamento e reciclagem dos resíduos no inventário de estruturação do canteiro.	<ul style="list-style-type: none"> - Prefeitura Municipal de Guarulhos (2013). - Comissão Europeia (2016a).
3-Melhorias nos PGRCC	Incluir manifestos e etiquetas de peso nos documentos do projeto.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>General Services Administration</i> (2012). - <i>European Commission</i> (2015c). - Li <i>et al.</i> (2020).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
3-Melhorias nos PGRCC	Elaborar planos de gestão de RCC orientados para processos caso haja materiais das operações (construção, renovação e/ou demolição) que se destinem à reutilização ou reciclagem, descrevendo o modo como as várias etapas serão executadas, os responsáveis pela sua execução, quais os materiais que serão recolhidos de forma seletiva na origem, onde e como serão transportados, quais serão os métodos de reciclagem, reutilização ou tratamento final, e como será dado seguimento.	Comissão Europeia (2016a).
3-Melhorias nos PGRCC	Boa comunicação do projeto com responsabilidades claramente definidas: Elaborar PGRCC detalhados, com recomendações sobre esquemas de "retomada" de fornecedores, cooperação com subempreiteiros, educação e treinamento por meio de conversas específicas no local e estrutura clara de comunicação e responsabilidade para cada projeto.	<ul style="list-style-type: none"> - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Kelly e Dowd (2017). - Won e Cheng (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
3-Melhorias nos PGRCC	Aumentar a conscientização entre clientes e empreiteiros em relação aos PGRCC.	Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).
3-Melhorias nos PGRCC	Designar coordenador para o PGRCC para garantir que o plano seja seguido no canteiro de obras.	Won e Cheng (2017).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
3-Melhorias nos PGRCC	Identificar os resíduos potenciais no início dos projetos para minimizar o volume dos RCC gerados no decorrer da construção, estimando as quantidades com a ajuda de experiências anteriores dos empreiteiros envolvidos no projeto.	<ul style="list-style-type: none"> - Martínez-Bertrand e Tomé (2009). - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Won e Cheng (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Thomas e Wilson (2013). - Cai e Waldmann (2019). - Meckwan e Patel (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021). - <i>U.S. Green Building Council</i> (2024).
3-Melhorias nos PGRCC	Utilização de procedimentos e metodologias para garantir as melhores opções de gestão: Técnicas de controle no local, como inspeção visual, registro computadorizado ou fotográfico, sinais, símbolos e informações, emissão e controle de certificados de gestão de resíduos e, se necessário, pré-tratamento de resíduos disponível no local quando altas taxas de segregação precisam ser alcançadas (exemplos: compactadores, rolos compactadores, prensas de papelão, entre outros).	Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
4-Práticas de Redução da Geração de RCC	Adoção de projetos que minimizem as perdas o máximo possível. Exemplos: (i) manter pedaços de gesso facilmente acessíveis para uso em pequenos espaços; (ii) substituir solventes, adesivos e revestimentos tóxicos por produtos menos perigosos; e (iii) preparar lotes de teste menores de solventes e revestimentos, entre outras.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004). - <i>General Services Administration</i> (2012). - Zhang <i>et al.</i> (2012). - Won e Cheng (2017). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d). - Wu, Yu e Poon (2019). - São Paulo (2020).
4-Práticas de Redução da Geração de RCC	Minimizar a quantidade e maximizar a qualidade dos materiais.	<ul style="list-style-type: none"> - Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020). - Wu, Yu e Poon (2020).
4-Práticas de Redução da Geração de RCC	Aplicar regulamentos de gestão abrangentes e sólidos no local para reduzir efetivamente os RCC.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).
4-Práticas de Redução da Geração de RCC	Comprar produtos em quantidades maiores para eliminar o aumento de resíduos associados a embalagens individuais ou pedir a quantidade correta no momento certo para reduzir a quantidade de materiais excedentes.	<ul style="list-style-type: none"> - WRAP ([s.d.]). - <i>Exhibition Place</i> (2012). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d). - Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).
4-Práticas de Redução da Geração de RCC	Desenvolver relacionamentos e parcerias com fornecedores durante a construção que possam implementar a minimização de resíduos na fonte.	<ul style="list-style-type: none"> - WRAP ([s.d.]). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).
4-Práticas de Redução da Geração de RCC	Envolver a cadeia de suprimentos para fornecer produtos e materiais que usem embalagens mínimas, além de separar as embalagens para reutilização.	<ul style="list-style-type: none"> - WRAP ([s.d.]). - Won e Cheng (2017). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
5-Práticas de Aproveitamento de RCC	Aproveitamento dos resíduos da construção civil e materiais secundários (reutilização e reciclagem) no próprio canteiro de obras.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>General Services Administration (2012)</i>. - Comissão Europeia (2016a). - São Paulo (2020).
5-Práticas de Aproveitamento de RCC	Classificar resíduos recicláveis gerados no canteiro conforme sua geração para maximizar sua reciclabilidade e reutilização.	<i>United States Environmental Protection Agency (2004)</i> .
5-Práticas de Aproveitamento de RCC	Documentar as ações tomadas para localizar um centro de reciclagem, caso nenhum centro de reciclagem seja encontrado nas proximidades do canteiro.	<i>General Services Administration (2012)</i> .
5-Práticas de Aproveitamento de RCC	Maximizar reciclagem para atender com sucesso aos objetivos de gerenciamento de resíduos do projeto, e, especificamente, à porcentagem de desvio de resíduos dos aterros estipulada na legislação (exemplo: 75% no Canadá). Esta maximização deve ser feita utilizando uma “Planilha de Desvio de Resíduos” para identificar materiais com potencial de reciclagem, revisando informações necessárias e explorando opções para cada tipo de material identificado.	<i>Exhibition Place (2012)</i> .
5-Práticas de Aproveitamento de RCC	Utilização de resíduos como combustíveis em outros meios de geração de energia (processo também chamado de valorização energética).	<ul style="list-style-type: none"> - União Europeia (2008). - <i>Italia (2010)</i>. - <i>Tokyo Metropolitan Government ([s.d.]</i>). - Comissão Europeia (2016a). - Guimarães e Fiore (2020). - Wu, Yu e Poon (2020). - <i>International Initiative for a Sustainable Built Environment (2022b)</i>. - <i>U.S. Green Building Council (2024)</i>.

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
5-Práticas de Aproveitamento de RCC	<p>Caso haja valorização energética de resíduos no projeto demonstrar que as estratégias de reutilização e reciclagem foram esgotadas antes de enviar os materiais para instalações de energia a partir de resíduos por meio da apresentação de documentos como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - PGRCC em conformidade com a legislação local; - Demonstração de estratégias de prevenção de resíduos/estratégias de <i>design</i> usadas no projeto para alcançar o limiar de resíduos; - Cálculo total de resíduos por área (buscando-se pontos de Prevenção de Resíduos); - Cálculo da gestão de RCC demonstrando quantidades totais e quantidades desviadas de aterros; e - Documentação de taxas de reciclagem para instalações mistas. 	<p><i>U.S. Green Building Council (2024).</i></p>
5-Práticas de Aproveitamento de RCC	<p>Tratamento de resíduos de solo em benefício da agricultura ou melhoria ecológica.</p>	<p>- União Europeia (2008). - <i>Italia</i> (2010).</p>

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
5-Práticas de Aproveitamento de RCC	Utilização de técnicas de demolição e/ou desmontagem seletivas e de reutilização de estruturas existentes, facilitando a máxima taxa de recuperação em canteiros de obras que contenham demolições ou reformas.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004). - <i>Exhibition Place</i> (2012). - <i>Yeheyis et al.</i> (2013). - Prefeitura do Município de São Paulo (2014). - Deloitte (2015). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - <i>European Comission</i> (2018). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Wu, Yu e Poon (2020). - <i>European Environment Agency</i> (2021). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
5-Práticas de Aproveitamento de RCC	Incentivar técnicas de reutilização e recuperação de materiais em novos locais de construção, caso não seja possível utilizá-los no próprio canteiro de obras. Exemplo: Reutilização e recuperação de materiais de escavações, demolições e obras de reforma.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Exhibition Place</i> (2012). - Kelly e Dowd (2017).
5-Práticas de Aproveitamento de RCC	Design para desmontagem: Reciclar matérias-primas para reutilização com custos mínimos.	<i>Asian Development Bank</i> (2018d).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
6-Práticas de Logística de Materiais e Resíduos	Inspeccionar materiais de construção após seu recebimento. Todas as mercadorias danificadas devem ser imediatamente devolvidas ao fornecedor.	<i>Exhibition Place</i> (2012).
6-Práticas de Logística de Materiais e Resíduos	Plano Logístico: o desenvolvimento de um plano logístico nas primeiras etapas do projeto garante que seja dada devida consideração aos requisitos de materiais ao longo da fase de construção do projeto, permitindo o gerenciamento eficiente da entrega e que os métodos logísticos mais eficazes sejam adotados.	- <i>WRAP</i> ([s.d.]). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).
6-Práticas de Logística de Materiais e Resíduos	Entrega “ <i>just-in-time</i> ”: melhorar o movimento de materiais para o local e dentro do local para aliviar as restrições de espaço para armazenamento e congestão no canteiro.	- <i>WRAP</i> ([s.d.]). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).
6-Práticas de Logística de Materiais e Resíduos	Centros de Consolidação de Construção: estes centros proporcionam soluções eficazes de gerenciamento da cadeia de suprimentos, permitindo o fluxo seguro e eficiente de materiais e equipamentos de construção do fornecedor para o local.	- <i>WRAP</i> ([s.d.]). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).
6-Práticas de Logística de Materiais e Resíduos	Sempre que possível, recorrer às estações de transferência de resíduos (ou a contentores de recolhimento), já que estas desempenham um papel fundamental no sistema de gestão de resíduos local, servindo de ligação entre o ponto de recolha local de RCC (locais de demolição) e as instalações de eliminação final de resíduos.	Comissão Europeia (2016a).
6-Práticas de Logística de Materiais e Resíduos	Tentar manter distâncias curtas entre canteiros de obras e instalações de triagem e reciclagem.	Comissão Europeia (2016a).
6-Práticas de Logística de Materiais e Resíduos	Otimizar a utilização de redes rodoviárias e os lucros com tecnologias de informação (TI) adequadas para otimizar os percursos percorridos, buscando-se menores gastos com combustível.	Comissão Europeia (2016a).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
6-Práticas de Logística de Materiais e Resíduos	Transparência, acompanhamento e rastreamento na logística dos resíduos: facultar a documentação necessária a todas as empresas contratadas, a fim de apoiar a transparência e a monitorização, utilizando a lista de resíduos aplicável no território nacional para assegurar a comparabilidade dos dados em todo o país.	- Comissão Europeia (2016a). - Won e Cheng (2017).
6-Práticas de Logística de Materiais e Resíduos	Mapeamento dos processos de manejo de resíduos, como a elaboração de resumos por tipos de saída e atividades recomendadas.	- Lu <i>et al.</i> (2006). - Comissão Europeia (2016a). - Lu (2018). - Wu, Yu e Poon (2019).
6-Práticas de Logística de Materiais e Resíduos	Elaborar lista de instalações locais de gestão de resíduos, especificando seus serviços (se possível).	Comissão Europeia (2016a).
6-Práticas de Logística de Materiais e Resíduos	Evitar a manipulação desnecessária de materiais, o que pode levar à fratura de materiais no canteiro.	- Won e Cheng (2017). - Meckwan e Patel (2019).
6-Práticas de Logística de Materiais e Resíduos	Planejar serviços e rotas de serviço para fácil manutenção e substituição.	Kelly e Dowd (2017).
6-Práticas de Logística de Materiais e Resíduos	Provisão de logística de resíduos: Definir melhores tipos de coletas (reativa ou programada) de acordo com os resíduos coletados.	Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
6-Práticas de Logística de Materiais e Resíduos	Planejar adequadamente a gestão da cadeia de abastecimento para controlar os estoques de materiais.	<ul style="list-style-type: none"> - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
7-Práticas de Segregação e Triagem de RCC	Máxima segregação de resíduos nas fontes geradoras e sua valorização, buscando o incentivo à retenção/utilização de resíduos nos próprios locais de geração.	<ul style="list-style-type: none"> - Poon <i>et al.</i> (2001). - Poon <i>et al.</i> (2004). - Prefeitura do Município de São Paulo (2014). - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b). - Won e Cheng (2017). - <i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c). - <i>European Commission</i> (2018). - Wu, Yu e Poon (2019). - Guimarães e Fiore (2020). - <i>International Initiative for a Sustainable Built Environment</i> (2022b).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
7-Práticas de Segregação e Triagem de RCC	Classificação visual da segregação de RCC em 3 níveis: - Boa segregação: todos os resíduos no recipiente são do mesmo tipo; - Segregação razoável: é possível distinguir a presença de um resíduo dominante, bem como a presença de outro tipo de resíduo em menor quantidade no recipiente; e - Má segregação: não é possível distinguir um tipo específico de resíduo nos recipientes devido a um alto nível de mistura e/ou se há resíduos perigosos presentes.	Dalla Zanna, Fernandes e Gasparine (2017).
7-Práticas de Segregação e Triagem de RCC	As melhores opções de segregação para um canteiro de obras devem ser analisadas antecipadamente à atividade de construção para que os recursos possam ser alocados para a gestão de resíduos.	- Martínez-Bertrand e Tomé (2009). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Won e Cheng (2017). - U.S. Green Building Council (2024).
7-Práticas de Segregação e Triagem de RCC	Aprimorar as técnicas de coleta e segregação, realizando ações como: utilização de recipientes de coleta com identificação para cada tipo de resíduo, inserção dos recipientes de coleta em um mesmo ponto do canteiro de obras, uso de pontos temporários ao lado de posições de trabalho, entre outras.	Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).
7-Práticas de Segregação e Triagem de RCC	Separar e processar fluxos de resíduos monofractionados sempre que possível.	- Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
8-Práticas de Armazenamento de Materiais e Resíduos	Manter as áreas de armazenamento (de materiais e resíduos) seguras, protegidas e à prova de intempéries para evitar danos e roubos.	<ul style="list-style-type: none"> - WRAP ([s.d.]). - <i>Exhibition Place</i> (2012). - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Won e Cheng (2017). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
8-Práticas de Armazenamento de Materiais e Resíduos	Armazenar materiais em superfícies niveladas elevadas acima do solo.	<ul style="list-style-type: none"> - WRAP ([s.d.]). - <i>Exhibition Place</i> (2012). - Won e Cheng (2017). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d).
8-Práticas de Armazenamento de Materiais e Resíduos	Maximizar o potencial de acumulação de resíduos, tomando-se as precauções necessárias para minimizar riscos, uma vez que a acumulação de RCC pode originar emissões e diversos riscos, como: poluição da água, lixiviação ou escoamento de contaminantes e partículas.	Comissão Europeia (2016a).
9-Operações Específicas de Materiais Perigosos (Classe D)	Prevenção de contaminação dos materiais recicláveis por resíduos perigosos.	<i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
9-Operações Específicas de Materiais Perigosos (Classe D)	Remover resíduos perigosos antes do início das atividades de demolição ou de reforma.	Comissão Europeia (2016a).
9-Operações Específicas de Materiais Perigosos (Classe D)	Separar e armazenar resíduos perigosos em recipientes adequados, claramente rotulados e mantidos sob cobertura.	- Comissão Europeia (2016a). - Won e Cheng (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018).
9-Operações Específicas de Materiais Perigosos (Classe D)	Reciclagem/recuperação de solventes, ácidos, bases e substâncias orgânicas não utilizadas como solventes (exemplo: materiais utilizados em operações de compostagem e outros processos de transformação biológica, componentes utilizados para abatimento de poluição e de catalisadores).	- União Europeia (2008). - <i>Italia</i> (2010). - <i>General Services Administration</i> (2012).
9-Operações Específicas de Materiais Perigosos (Classe D)	Refino ou outras reutilizações de óleos.	- União Europeia (2008). - <i>Italia</i> (2010). - <i>General Services Administration</i> (2012).
10-Fortalecimento do Mercado de RCC	Compra de materiais reutilizáveis, reciclados ou renováveis de forma sustentável.	Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).
10-Fortalecimento do Mercado de RCC	Realizar pesquisa de mercado para reciclagem dos RCC gerados durante a obra revisando opções de reciclagem.	<i>General Services Administration</i> (2012).
10-Fortalecimento do Mercado de RCC	Auxiliar no desenvolvimento de mercados de materiais secundários resilientes.	- Won e Cheng (2017). - Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020). - Ruiz, Ramón e Domingo (2020). - Wu, Yu e Poon (2020). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
10-Fortalecimento do Mercado de RCC	Vender materiais não utilizados para lojas de materiais de construção, bolsas de troca de materiais arquitetônicos salvos de alta qualidade, distribuidores de madeira recuperada, recicladores de sucata, proprietários individuais, bolsas de resíduos ou outros pontos de venda.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004). - <i>U.S. Green Building Council</i> (2024).
10-Fortalecimento do Mercado de RCC	Inserir anúncios em jornais locais sobre RCC em excesso (quando necessário).	<ul style="list-style-type: none"> - <i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004). - <i>U.S. Green Building Council</i> (2024).
10-Fortalecimento do Mercado de RCC	Caso não seja possível vender os itens salvos, doar o que for possível para economizar dinheiro com as operações de descarte.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004). - <i>U.S. Green Building Council</i> (2024).
11-Sistemas/Ferramentas Online	Dados quantitativos de geração, transporte e destinação final de RCC inseridos em sistemas de informação disponibilizados aos órgãos relacionados à gestão e fiscalização.	<ul style="list-style-type: none"> - Comissão Europeia (2016a). - Governo do Distrito Federal (2018).
11-Sistemas/Ferramentas Online	Aplicação de sistema de rastreabilidade de resíduos nas instalações de produção de agregados reciclados.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Cerema</i> ([s.d.]). - <i>République Française</i> (2012). - Comissão Europeia (2016a).
11-Sistemas/Ferramentas Online	Uso de análises de <i>big data</i> na gestão de RCC.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Chen et al.</i> (2018a). - <i>Lu</i> (2018). - <i>Wu, Yu e Poon</i> (2019).
11-Sistemas/Ferramentas Online	Adotar sistemas de Modelagem de Informações de Construção (BIM) 3D como estratégia para melhorar a produtividade e eficiência em projetos de construção, possibilitando o desenvolvimento de modelos de <i>design</i> mais eficientes.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>WRAP</i> ([s.d.]). - <i>Infrastructure and Projects Authority</i> (2016). - <i>Ruiz, Ramón e Domingo</i> (2020).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
12-Gestão de Qualidade	<p>Utilizar <i>checklists</i> nos canteiros de obras para auxiliar os profissionais da indústria da construção e da demolição a identificarem se seguiram as etapas mais importantes nos seus projetos, a fim de garantir a reutilização e reciclagem adequadas dos materiais de construção. Os <i>checklists</i> devem conter as seguintes etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificação, separação na origem e recolha dos resíduos; - Logística de resíduos; - Processamento e tratamento de resíduos; e - Gestão e garantia da qualidade. 	Comissão Europeia (2016a).
12-Gestão de Qualidade	<p>Realizar Inspeções e/ou Auditorias de Pré-Demolição (também chamadas de Auditorias de Gestão de Resíduos, conforme legislações pertinentes), com as seguintes informações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificação de todos os materiais de resíduos que serão gerados durante a demolição, especificando a quantidade, a qualidade e a localização no edifício ou nas infraestruturas civis; e - Informações sobre: (i) quais os materiais que devem (obrigatoriamente) ser separados na origem (por exemplo, resíduos perigosos); (ii) quais os materiais que podem ou não ser reutilizados ou reciclados; (iii) modo como os resíduos (perigosos e não perigosos) serão geridos e quais as possibilidades de reciclagem. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>General Services Administration (2012)</i>. - Comissão Europeia (2016a). - Kelly e Dowd (2017). - <i>European Commission (2018)</i>. - Wu, Yu e Poon (2020).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
12-Gestão de Qualidade	Monitorização de todo o processo por autoridades locais ou organismos terceiros por meio de: (i) controle de “interdemolição” no local após remoção dos resíduos perigosos; (ii) controles posteriores com base em amostragens; e/ou (iii) controles posteriores para verificar qual o destino de todos os materiais não recicláveis ou não reutilizáveis (verificação dos documentos de transporte, certificados de tratamento ou de processamento de resíduos, entre outros) e se foram aplicadas as regras e a legislação em matéria de tratamento dos fluxos de resíduos.	<ul style="list-style-type: none"> - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Comissão Europeia (2016a). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
12-Gestão de Qualidade	Envolvimento de especialistas em resíduos nos canteiros de obras.	Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).
12-Gestão de Qualidade	<p>Etapas necessárias na fase de transportes dos resíduos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transporte seguro; - Diligências especiais/declaração sobre os resíduos perigosos; - Formulário de identificação; e - Transportador registrado ou aprovado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - Comissão Europeia (2016a). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).

Quadro 22 – Oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra (gestão micro)

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
12-Gestão de Qualidade	<p>Etapas necessárias na fase de processamento e tratamento de resíduos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Admissão dos resíduos na estação de reciclagem/no aterro; - Controle de entrada (exemplo, protocolo do amianto); - Controle de produção em fábrica (exemplo: verificação das características essenciais dos produtos); - Critérios de admissão (exemplo, matérias-primas utilizadas em produtos reciclados); - Frequência da colheita de amostras; e - Identificação dos agregados reciclados utilizados num produto/estrutura específicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comissão Europeia (2016a). - <i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c).
12-Gestão de Qualidade	<p>Utilizar indicadores e índices para expressar o desempenho da gestão de RCC, assim como auxiliar seu gerenciamento no canteiro. Os indicadores podem ser divididos em temas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gerenciamento de Obras; - Controle de Documentação; - Segregação e Acondicionamento Inicial de RCC; - Transporte e Acondicionamento Final de resíduos; - Destinação Final dos Resíduos; e - Gerenciamento de Resíduos Perigosos. <p>Exemplos: volume e altura de resíduos, custos (matéria-prima, transporte, disposição, custo total da gestão e por m²), índice de qualidade da gestão de resíduos entre outros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>European Commission</i> (2015a). - Dalla Zanna, Fernandes e Gasparine (2017). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Ruiz, Ramón e Domingo (2020). - Fonsêca <i>et al.</i> (2022).

Fonte: Autor (2024).

Além da obtenção do Quadro 22 em si, durante seu preenchimento também foi possível identificar que, dentre as particularidades identificadas, duas se contradiziam em relação ao armazenamento de materiais e resíduos, sendo elas:

- Segundo a União Europeia (2016a), deve-se maximizar o potencial de acumulação de resíduos, tomando-se as precauções necessárias para minimizar riscos, uma vez que a acumulação de RCC pode originar emissões e diversos riscos, como: poluição da água, lixiviação ou escoamento de contaminantes e partículas;
- Já Won e Cheng (2017) recomendam evitar longos períodos de armazenamento no local sempre que possível.

Considerando as possíveis melhorias de gestão de RCC geradas pelas duas recomendações, para a criação do Quadro 22 – assim como a proposição da Ferramenta de Gerenciamento de RCC em Canteiros de Obras de Galpões Industriais, conforme será demonstrado na próxima seção – foi incluída somente a recomendação da União Europeia, pois se entende que ao maximizar o potencial de acumulação de resíduos, se tomadas as precauções necessárias para minimizar riscos, é possível gerar economias às obras em relação aos custos de transporte dos RCC entre o canteiros e suas destinações finais.

5.8 PROPOSIÇÃO DE FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM CANTEIROS DE OBRAS DE GALPÕES INDUSTRIAIS

Levando em conta as oportunidades de melhoria na gestão de RCC nos canteiros de obra apresentadas no Quadro 22, foi possível elaborar uma “Ferramenta de Gestão de RCC em Canteiros de Obras de Galpões Industriais” por meio das seguintes alterações e inclusões:

- **Coluna “Identificador”:** Nesta coluna foram inseridos os identificadores de cada uma das verificações possíveis na ferramenta, tendo como base os 12 subtemas relacionados à gestão de RCC (conforme Quadro 22). Exemplo: o item 1.11 faz parte do subtema “1. Soluções de Projeto e *Design*”;

- **Coluna “Melhorias Identificadas”:** Nesta coluna foram inseridas questões a serem respondidas pelos responsáveis pela gestão de RCC nos canteiros de obras, tomando como base as melhorias sugeridas no Quadro 22. Exemplo: a pergunta “Foram estudadas formas de se manter as distâncias entre canteiros de obras e instalações de triagem e reciclagem o mais curto possível?” tem como base a linha “Tentar manter distâncias curtas entre canteiros de obras e instalações de triagem e reciclagem” do Quadro 22;
- **Coluna “Status”:** Nesta coluna será respondida cada uma das perguntas da coluna “Melhoria Adotada”, utilizando-se de 4 tipos de respostas:
 - i. Sim;
 - ii. Sim, com ressalvas;
 - iii. Não; e
 - iv. Não Se Aplica.

Caso seja do interesse das partes que utilizarão a plataforma durante o ciclo de vida do projeto, tal coluna pode ser modificada com a adição de cores aos “status” definidos para melhorar sua identificação e importância. Exemplo: Verde para “Sim”, amarelo para “Sim, com ressalvas”; Vermelho para “Não” e Texto em negrito para “Não Se Aplica”.

- **Coluna “Comentários”:** Nesta coluna serão inseridos comentários comprovando os “status” adotados na coluna anterior;
- **Coluna “Documentos Comprobatórios”:** Nesta coluna serão inseridos os nomes dos documentos que comprovam o atendimento (seja ele total ou parcial) à melhoria sugerida em questão. No caso de não haver documentos que comprovem o atendimento ao item em questão, esta coluna não será preenchida.

Cabe destacar que, dependendo da plataforma em que esta ferramenta for utilizada, é possível inserir os documentos em si, em formatos que caibam na plataforma em questão, além de seus próprios nomes, facilitando o entendimento e a

rastreabilidade para todos os envolvidos na utilização e acompanhamento da ferramenta;

- **Coluna “Planos de Ação (PA)”**: Esta coluna se destina à inclusão de planos de ação por parte dos responsáveis pelo gerenciamento de RCC no canteiro de obras, buscando-se atender os itens existentes na Ferramenta; e
- **Coluna “Responsáveis pelo PA”**: Nesta coluna serão inseridos os responsáveis pela aplicação de cada plano de ação, podendo ser pessoas ou empresas; e
- **Coluna “Prazo para PA”**: Nesta coluna serão estipulados os prazos para execução dos planos de ação. Cabe destacar que tais prazos devem ser estipulados em comum acordo com as partes envolvidas durante todo o processo de gestão de RCC no canteiro.

Dito isso, a “Ferramenta de Gerenciamento de RCC em Canteiros de Obras de Galpões Industriais” está representada no Quadro 23.

Quadro 23 – Ferramenta de Gerenciamento de RCC em Canteiros de Obras de Galpões Industriais

Identificador	Melhorias Identificadas	Status	Comentários	Documentos Comprobatórios	Planos de Ação (PA)	Responsável (is) pelo PA	Prazo para PA
1	Soluções de Projeto e Design						
1.1	Foram considerados Métodos Modernos de Construção (MMC) no projeto? Exemplos: elementos pré-fabricados ou pré-montados, construção volumétrica modular/panelizada, entre outros.						
1.2	A complexidade dos projetos foi reduzida se buscando a padronização do processo de construção e a redução dos materiais necessários para a obra? Exemplos: evitar “superespecificações”, projetar tamanhos e espaços de edifício pensando em eliminar elementos desnecessários e em reduzir cortes resultantes do processo de construção.						
1.3	Os projetos foram feitos de modo a garantir a flexibilidade no <i>design</i> para futuras expansões, adaptações e/ou desmontagens de parte do edifício?						
1.4	Os projetos foram baseados em <i>layouts</i> de grade, com padrões de dimensionamento?						
1.5	Foram evitadas mudanças de design frequentes e/ou de última hora?						
1.6	Foi dada prioridade a materiais sustentáveis durante a seleção dos materiais construtivos que seriam utilizados na obra?						

1.7	Foram especificados materiais duráveis para facilitar a maximização da de sua reutilização futura?						
1.8	Houve o envolvimento coordenado das partes interessadas nas primeiras etapas dos projetos?						
1.9	Foram utilizadas profundidades de fundação e terraplenagem de modo que fossem obtidos cortes zero de material escavado?						
1.10a	Foi utilizado um número limitado de diferentes materiais e componentes no projeto?						
1.10b	Foram utilizados materiais fáceis de separar no projeto?						
1.11	No caso de obras de demolição/reforma: Houve a avaliação da possibilidade de preservação da disposição original de construções antigas?						
2	Mudanças Aplicáveis a Contratos						
2.1	Foram incluídas especificações, requisitos de documentação e/ou documentações claras referentes à RCC nas fases de concorrência e licitação? Exemplos: acordos contratuais sobre redução de resíduos, inclusão de indicadores-chave de desempenho, comparação da produção de resíduos, utilização de metas de recuperação, utilização de metas de desvio de resíduos, entre outros.						
2.2a	O contratante disponibilizou a quantidade de material reciclado ou reutilizado do total de material descartado?						
2.2b	Há Banco de Dados Interno sobre o Sistema de Gerenciamento de RCC? Se sim, o detalhamento sobre quantidade de material						

	reciclado/reutilizado em relação ao material descartado foi registrado no banco de dados?						
2.3	Durante a escolha dos fornecedores, foi dada preferência a empresas que oferecem créditos de devolução para materiais não utilizados aos compradores?						
2.4	O orçamento do projeto possui detalhamento das despesas incorridas das atividades envolvendo RCC? Exemplos: desmontagem separada, descarga segregada, armazenamento, disposição, reciclagem, especificações de construção para auxiliar no processo de reciclagem, entre outros.						
2.5	Os custos referentes ao tratamento e à disposição de resíduos foram limitados no orçamento das obras?						
2.6	O contrato promove a logística reversa e/ou outros esquemas de negócios a negócios? Se sim, de quais formas?						
3	Melhorias nos PGRCC						
3.1a	Verificar se o PGRCC possui os seguintes elementos: - Há detalhamento da movimentação interna dos resíduos (com tipo de resíduos, dia e hora de entrada e saída, quantidade, local de estocagem temporária, tipo de transporte e destinação final)? - Há detalhamento das ações de redução da geração na fonte? - Há detalhamento dos tipos de acondicionamento? - Há informações sobre o manuseio dos diferentes resíduos? - Há informações sobre o armazenamento interno dos resíduos? - Há detalhamento das atividades de coleta, transporte interno e pré-tratamento dos resíduos? - Há plano de contingência e emergência?						

	- Há plano de melhorias e ações corretivas?						
3.1b	<p>Verificar se o PGRCC possui os seguintes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Há compartilhamento de soluções com outras empresas? - Há processo de mobilização dos servidores e de educação ambiental? - Há utilização de indicadores durante a contratação da prestação dos serviços? - Recomendações de esquemas de “retomada” de fornecedores? - Ações de cooperação com subempreiteiros? - Estrutura clara de comunicação e responsabilidades? - Detalhamento do(s) responsável(is) por sua execução? - Detalhamento de quais os materiais que serão recolhidos de forma seletiva na origem, onde e como serão transportados, quais serão os métodos de reciclagem, reutilização ou tratamento final, e como será dado seguimento? 						
3.2	Foram incorporados equipamentos e áreas de segregação, processamento e reciclagem dos resíduos no inventário de estruturação do canteiro?						
3.3	Foram incluídos manifestos e etiquetas de peso nos documentos do projeto?						
3.4	Quais foram as formas de se aumentar a conscientização entre clientes e empreiteiros em relação aos PGRCC aplicadas durante o projeto?						
3.5	Foi designado um coordenador para o PGRCC?						
3.6	Foram identificados os resíduos potenciais no início dos projetos? Foi feita estimativa de quantidades? Se sim, como foi?						

3.7	Utilização de procedimentos e metodologias para garantir as melhores opções de gestão: Técnicas de controle no local, como inspeção visual, registro computadorizado ou fotográfico, sinais, símbolos e informações, emissão e controle de certificados de gestão de resíduos e, se necessário, pré-tratamento de resíduos disponível no local quando altas taxas de segregação precisam ser alcançadas (exemplos: compactadores, rolos compactadores, prensas de papelão, entre outros).						
4	Práticas de Redução da Geração de RCC						
4.1	Foram adotadas estratégias de projeto e construção que minimizassem as perdas o máximo possível? Se sim, quais estratégias? Exemplos: (i) manter pedaços de gesso facilmente acessíveis para uso em pequenos espaços; (ii) substituir solventes, adesivos e revestimentos tóxicos por produtos menos perigosos; e (iii) preparar lotes de teste menores de solventes e revestimentos, entre outras.						
4.2	A quantidade necessária de materiais para cada atividade foi minimizada e a qualidade dos materiais maximizada? Demonstrar exemplos desta relação (menor quantidade/maior qualidade).						
4.3	Foram aplicados regulamentos de gestão abrangentes e sólidos no local para reduzir efetivamente os RCC? Se sim, quais?						
4.4a	Foram comprados produtos em lotes maiores buscando-se eliminar o excesso de embalagens individuais?						

4.4b	Foram pedidas quantidades corretas de material nos momentos certos de sua aplicação?						
4.5	Foram desenvolvidos relacionamentos e parcerias com fornecedores durante a construção buscando-se a implementação da minimização de resíduos na fonte?						
4.6a	A área de suprimentos do projeto buscou produtos e materiais que usem embalagens mínimas?						
4.6b	Após o uso, as embalagens foram separadas para reutilização?						
5	Práticas de Aproveitamento de RCC						
5.1	Há aproveitamento de RCC e dos materiais secundários gerados (reutilização e reciclagem) no próprio canteiro de obras?						
5.2	Os resíduos recicláveis gerados no canteiro são classificados conforme sua geração?						
5.3	Foram documentadas as ações tomadas para localizar um centro de reciclagem caso nenhum centro de reciclagem seja encontrado nas proximidades do canteiro?						
5.4a	Foram adotadas metas de maximização da reciclagem de resíduos em porcentagem de desvio de aterros?						
5.4b	Caso a legislação local possua metas próprias de desvio de resíduos de aterros: A meta estipulada para o projeto está de acordo com a meta proposta pela legislação local?						
5.4c	A reciclagem foi maximizada para atender com sucesso aos objetivos de gerenciamento de resíduos do projeto e à meta de desvio do aterro?						

5.4d	A maximização foi feita utilizando uma “Planilha de Desvio de Resíduos” para identificar materiais com potencial de reciclagem, revisar informações necessárias e explorar opções para cada tipo de material identificado?						
5.5a	O projeto possuiu resíduos utilizados como combustíveis em outros meios de geração de energia (valorização energética)?						
5.5b	<p>Caso haja valorização energética de resíduos: foi demonstrado que as estratégias de reutilização e reciclagem foram esgotadas antes do envio dos materiais para instalações de energia a partir de resíduos por meio da apresentação dos seguintes documentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - PGRCC em conformidade com a legislação local; - Demonstração de estratégias de prevenção de resíduos/estratégias de <i>design</i> usadas no projeto para alcançar o limiar de resíduos; - Cálculo total de resíduos por área (buscando-se pontos de Prevenção de Resíduos); - Cálculo da gestão de RCC demonstrando quantidades totais e quantidades desviadas de aterros; e - Documentação de taxas de reciclagem para instalações mistas. 						
5.6	Houve o tratamento de resíduos de solo em benefício da agricultura ou melhoria ecológica durante a realização do projeto?						
5.7	Foram utilizadas formas de se reciclar matérias-primas para reutilização com custos mínimos?						

5.8	No caso de obras de demolição/reforma: Foram utilizadas técnicas de demolição e/ou desmontagem seletivas ou de reutilização de estruturas existentes no canteiro?						
5.9	Caso não seja possível utilizar os materiais recicláveis no próprio canteiro de obras: Foram executadas técnicas de reutilização e/ou recuperação de materiais em novos locais de construção? Exemplo: Reutilização e recuperação de materiais de escavações, demolições e obras de reforma.						
6	Práticas de Logística de Materiais e Resíduos						
6.1	Os materiais de construção foram inspecionados após seu recebimento? Todas as mercadorias danificadas foram imediatamente devolvidas ao fornecedor?						
6.2	Foi desenvolvido um plano logístico já nas primeiras etapas do projeto?						
6.3	Quais ações foram feitas para melhorar o movimento de materiais para o local e dentro do local, buscando-se aliviar as restrições de espaço para armazenamento e congestão no canteiro?						
6.4	Durante todo o ciclo de vida do projeto, foram utilizados centros de consolidação de construção para auxiliar a cadeia de suprimentos, permitindo o fluxo seguro e eficiente de materiais e equipamentos de construção do fornecedor para o local?						
6.5	Foram utilizadas estações de transferência de resíduos (ou contentores de recolhimento) durante o projeto?						

6.6	Foram estudadas formas de se manter as distâncias entre canteiros de obras e instalações de triagem e reciclagem o mais curto possível?						
6.7	Foi possível otimizar a utilização de redes rodoviárias utilizando tecnologias de informação (TI) de modo a otimizar os percursos percorridos?						
6.8	A documentação necessária foi fornecida a todas às empresas contratadas para apoiar a transparência e a monitorização, utilizando como base a lista de resíduos nacional para assegurar a comparabilidade dos dados?						
6.9	Foi feito o mapeamento dos processos de manejo de resíduos? Exemplo de mapeamento: elaboração de resumos por tipos de saída e atividades recomendadas.						
6.10	Foi elaborada lista de instalações locais de gestão de resíduos, especificando seus serviços?						
6.11	Foi possível evitar a manipulação desnecessária de materiais? Se sim, por meio de quais ações?						
6.12	Os serviços e rotas de serviço foram planejados buscando-se fácil manutenção e substituição (quando necessário)?						
6.13	Foram estudados e definidos os melhores tipos de coletas (reativa ou programada) de acordo com os resíduos coletados?						
6.14	A gestão da cadeia de abastecimento foi planejada adequadamente, considerando o controle de estoque dos materiais?						
7	Práticas de Segregação e Triagem de RCC						

7.1	Há segregação de RCC no canteiro de obras?						
7.2	Qual a classificação visual da segregação conforme a seguinte escala? - Boa segregação: todos os resíduos no recipiente são do mesmo tipo; - Segregação razoável: é possível distinguir a presença de um resíduo dominante, bem como a presença de outro tipo de resíduo em menor quantidade no recipiente; e - Má segregação: não é possível distinguir um tipo específico de resíduo nos recipientes devido a um alto nível de mistura e/ou se há resíduos perigosos presentes.						
7.3	Foram analisadas as melhores opções de segregação antes da etapa de construção?						
7.4	Foram utilizadas técnicas aprimoradas de coleta e segregação? Se sim, quais? Exemplos: (i) utilização de recipientes de coleta com identificação para cada tipo de resíduo, (ii) inserção dos recipientes de coleta em um mesmo ponto do canteiro de obras, (iii) uso de pontos temporários ao lado de posições de trabalho, entre outras.						
7.5	Os fluxos de resíduos foram separados e processados de forma monofracionada?						
8	Práticas de Armazenamento de Materiais e Resíduos						
8.1	As áreas de armazenamento de materiais e resíduos estão seguras, protegidas e à prova de intempéries?						

8.2	Os materiais de construção estão posicionados em superfícies niveladas, elevadas acima do solo?						
8.3	O potencial de acumulação de resíduos foi maximizado? As precauções para minimizar riscos (como poluição de água, lixiviação/escoamento de contaminantes) foram tomadas?						
9	Operações Específicas de Materiais Perigosos (Classe D)						
9.1	Foram realizadas técnicas de prevenção de contaminação dos materiais recicláveis por resíduos perigosos? Se sim, quais?						
9.2	Os resíduos perigosos foram separados e armazenados em recipientes adequados, claramente rotulados e mantidos sob cobertura?						
9.3	Foi possível reciclar e/ou recuperar solventes, ácidos, bases e substâncias orgânicas não utilizadas como solventes (exemplo: materiais utilizados em processos de compostagem)? Se sim, por meio de quais operações e para quais utilizações?						
9.4	Foi possível refinar ou reutilizar óleos após seu uso inicial? Se sim, por meio de quais processos e para quais utilizações?						
9.5	No caso de atividades de demolição e/ou reforma: Os resíduos perigosos foram retirados antes do início das atividades?						
10	Fortalecimento do Mercado de RCC						
10.1	Foram comprados materiais reutilizáveis, reciclados e/ou renováveis?						
10.2	Foram feitas pesquisas de mercado para reciclagem dos RCC gerados durante a obra?						

10.3	Durante a obra, foi dado auxílio ao desenvolvimento de mercados de materiais secundários resilientes? Por meio de quais ações?						
10.4	Os materiais não utilizados em obra (materiais e resíduos) foram vendidos ou trocados com outras empresas? Exemplos: lojas de materiais de construção, bolsas de troca de materiais arquitetônicos salvos de alta qualidade, distribuidores de madeira recuperada, recicladores de sucata, entre outros.						
10.5	Caso não tenha sido possível vender os itens salvos durante a obra: Foi possível doar resíduos durante a realização da obra para economizar dinheiro com as operações de descarte?						
10.6	Caso durante a obra tenham sido geradas quantidades em excesso de RCC: Form. inseridos anúncios em canais de comunicação (jornais, redes sociais, entre outros) locais sobre excesso de resíduos em obra buscando-se a utilização ou reciclagem por empresas interessadas?						
11	Sistemas/Ferramentas Online						
11.1	Todos os dados necessários (quantidades de geração, transporte e destinação final) foram inseridos nos sistemas de informação governamentais (municipal, estadual e federal) aplicados na municipalidade do canteiro de obras?						
11.2	Foram feitas análises de <i>big data</i> durante a gestão de RCC no canteiro de obras? Se sim, quais ferramentas foram utilizadas e quais análises foram feitas?						

11.3	Foram adotados sistemas de Modelagem de Informações de Construção (BIM) no projeto? Se sim, quais sistemas foram utilizados e para quais etapas da obra?						
11.4a	A) Caso haja utilização de agregados reciclados no projeto: sua matéria-prima (resíduos) possuía sistema de rastreabilidade nas instalações de produção?						
11.4b	B) Caso os resíduos classe A gerados durante a obra forem enviados para instalações de produção de agregados reciclados: o local de produção de agregados reciclados, para onde os resíduos foram enviados, possui sistema de rastreabilidade dos RCC?						
12	Gestão de Qualidade						
12.1a	Foram utilizados <i>checklists</i> nos canteiros de obra para auxiliar os envolvidos no processo a identificarem se seguiram as etapas mais importantes nos seus projetos a fim de garantir a reutilização e reciclagem adequadas dos materiais de construção?						
12.1b	Os <i>checklists</i> englobam todas as principais etapas da obra (ou seja: (i) identificação; (ii) separação na origem; (iii) recolha; (iv) logística; (v) processamento; (vi) tratamento; e (vii) gestão e garantia da qualidade)? Caso não englobe todas as 7 etapas necessárias, quais etapas estão englobadas nos <i>checklists</i> ?						
12.2a	No caso de obras de demolição e/ou reforma: foram realizadas Inspeções e/ou Auditorias de Pré-Demolição?						
12.2b	No caso de obras de demolição e/ou reforma: As Auditorias de Pré-Demolição possuem as informações a seguir:						

	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação de todos os RCC gerados (com quantidades, qualidades dos materiais e suas localizações nos edifícios ou em infraestruturas civis)? - Detalhamento de quais materiais devem ser separados na origem (exemplo: resíduos perigosos)? - Detalhamento de quais materiais que podem ou não ser reutilizados ou reciclados? - Informações sobre o modo como os resíduos (perigosos e não perigosos) serão geridos? - Informações sobre quais as possibilidades de reciclagem? 						
12.3	<p>A gestão de RCC foi monitorizada por autoridades locais ou organismos terceiros?</p> <p>Exemplos: (i) controle de “interdemolição” no local após remoção dos resíduos perigosos; (ii) controles posteriores com base em amostragens; e/ou (iii) controles posteriores para verificar qual o destino de todos os materiais não recicláveis ou não reutilizáveis e se foram aplicadas as regras e a legislação em matéria de tratamento dos fluxos de resíduos.</p>						
12.4	Houve o envolvimento de especialistas em resíduos no canteiro durante as obras?						
12.5a	Todas as atividades de transporte interno de RCC foram feitas com a segurança adequada?						
12.5b	Todas as atividades de transporte externo de RCC foram feitas com a segurança adequada?						
12.5c	Houve diligências especiais e/ou declarações sobre os resíduos perigosos quando gerados?						

12.5d	Todas as etapas de transporte externo possuíram formulário de identificação adequado?						
12.5e	Toda empresa de transporte de RCC contratada para a obra possuía registro e aprovação conforme normas e legislações aplicáveis?						
12.6a	A admissão dos resíduos na estação de reciclagem ou no aterro foi feita conforme procedimentos internos adequados, de acordo com as normas e legislações cabíveis?						
12.6b	O Controle de entrada (exemplo, protocolo do amianto) dos materiais na estação de reciclagem ou no aterro foi feito conforme procedimentos internos adequados, de acordo com as normas e legislações cabíveis?						
12.6c	Há controle de produção em fábrica? Se sim, como é feito? Exemplo: verificação das características essenciais dos produtos.						
12.6d	Há critérios de admissão na estação de reciclagem ou aterro? Exemplo: matérias-primas utilizadas em produtos reciclados.						
12.6e	A frequência de coleta das amostras é feita conforme procedimentos internos adequados, de acordo com as normas e legislações cabíveis?						
12.6f	Há identificação dos agregados reciclados utilizados num produto/estrutura específicos?						
12.7a	Foram utilizados indicadores e/ou índices para expressar o desempenho da gestão de RCC quanto ao “Gerenciamento de Obras”?						

	Exemplos de indicadores: volume/altura de RCC, custos (matéria-prima, transporte, disposição, custo total da gestão e por m ²), índice de qualidade da gestão, entre outros.						
12.7b	Foram utilizados indicadores e/ou índices para expressar o desempenho da gestão de RCC quanto ao “Controle de Documentação”?						
12.7c	Foram utilizados indicadores e/ou índices para expressar o desempenho da gestão de RCC quanto à “Segregação de RCC”?						
12.7d	Foram utilizados indicadores e/ou índices para expressar o desempenho da gestão de RCC quanto ao “Acondicionamento Inicial de RCC”?						
12.7e	Foram utilizados indicadores e/ou índices para expressar o desempenho da gestão de RCC quanto ao “Transporte de RCC”?						
12.7f	Foram utilizados indicadores e/ou índices para expressar o desempenho da gestão de RCC quanto ao “Acondicionamento Final de RCC”?						
12.7g	Foram utilizados indicadores e/ou índices para expressar o desempenho da gestão de RCC quanto à “Destinação Final dos Resíduos”?						
12.7h	Foram utilizados indicadores e/ou índices para expressar o desempenho da gestão de RCC quanto ao “Gerenciamento de Resíduos Perigosos”?						

Fonte: Autor (2024).

Conforme já mencionado anteriormente, entende-se que essa “Ferramenta de Gestão” pode ser adotada em diferentes plataformas, como o *Microsoft Excel* e o *Google Sheets*, ou mesmo aplicativos de gerenciamento de dados como o *Airtable* e o *PowerBI*. Porém, como uma das colunas está destinada à inclusão de “Documentos Comprobatórios”, entende-se que a utilização de plataformas que permitam a inserção de arquivos anexos para futuras conferências (por exemplo: pela pessoa que incluiu o documento na Ferramenta e por quem está responsável por implementar os planos de ação) possibilita, de modo geral, uma melhor utilização da ferramenta.

Além disso, entende-se que a inclusão de colunas próprias para “Planos de Ação”, “Responsáveis” e “Prazos para os PA” possibilita o acompanhamento constante das melhorias ainda não identificadas nos projetos pelas partes interessadas em aprimorar a gestão de RCC, seja durante o ciclo de vida dos projetos, ou mesmo após o seu término, para utilização em futuros projetos. Sendo assim, entende-se que esta Ferramenta pode auxiliar as partes envolvidas no processo – como fabricantes de materiais, construtoras, transportadoras, recicladoras, empresas responsáveis pela gestão e controle de áreas de destinação final, Prefeituras, auditores externos e clientes – a implementar processos de melhoria contínua em seus produtos. Esta implementação, além de gerar benefícios à cadeia de gestão de RCC como um todo, também aumenta a possibilidade do aumento no número de projetos sustentáveis, de acordo com os preceitos da economia circular, nos municípios brasileiros.

Um ponto de destaque relevante para a utilização desta Ferramenta se refere ao seu possível uso em diferentes tipos de edificações além de galpões industriais (intuito inicial desta Dissertação). Conforme já mencionado na seção 4.7, somente as certificações ambientais apresentavam recomendações voltadas à gestão de RCC em galpões industriais, como o *LEED v4.1 BD+C*, que possui requisitos aplicáveis em “Armazéns e Centros de Distribuição” (*Warehouses & Distribution Centers*). Já os demais documentos encontrados durante as demais etapas de pesquisa desta Dissertação, em sua maioria, não especificavam a quais edificações suas recomendações de gestão se aplicam.

5.9 OPORTUNIDADES DE MELHORIA NA GESTÃO MACRO DE RCC

Além da Ferramenta de Gerenciamento propriamente dita, conforme já mencionado em cada uma das seções de resultados deste relatório, também foram encontradas recomendações que devem partir de esferas maiores à do canteiro de obras, ou seja, de Prefeituras Municipais, Governos Estaduais ou mesmo do Governo Federal por meio da Secretaria do Meio Ambiente.

Por mais que o objetivo desta Dissertação tenha sido, desde seu cerne, a “Proposição de uma Ferramenta de Gerenciamento de RCC para Canteiros de Obras de Galpões Industriais”, ou seja, uma ferramenta voltada à escala “micro”, entende-se que os pontos encontrados nos documentos estudados também possuem relevância ímpar, podendo ser utilizados como base para futuras pesquisas, como por exemplo a criação de uma Ferramenta de Gestão de RCC, destinada ao uso de Prefeituras, Governos Estaduais e da Secretaria do Meio Ambiente.

Levando em conta as principais particularidades macro encontradas, identificou-se que os registros obtidos poderiam ser subdivididos em 12 subtemas, sendo eles:

- **Subtema 1:** Sistemas/Ferramentas Online;
- **Subtema 2:** Ações Conjuntas Público-Privado;
- **Subtema 3:** Multas, Taxas e Proibições;
- **Subtema 4:** Novas Instalações Físicas e/ou Melhorias nas Instalações Existentes;
- **Subtema 5:** Incentivos Econômicos;
- **Subtema 6:** Formação de Mercado de RCC;
- **Subtema 7:** Diagnóstico de RCC;
- **Subtema 8:** Ações de fiscalização;
- **Subtema 9:** Metas de gestão de RCC;
- **Subtema 10:** Esquemas de Responsabilidade Estendida do Produtor (REP);
- **Subtema 11:** Mudanças em Políticas e/ou Planos (Federais, Estaduais, Regionais e Municipais); e
- **Subtema 12:** Certificações e/ou Auditorias Governamentais.

Considerando os 12 subtemas e as particularidades identificadas foi possível obter o Quadro 24 a seguir.

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
1-Sistemas/Ferramentas Online	Criação de Sistemas Estaduais, Municipais e Regionais de Gerenciamento Online de RCC por parte das Prefeituras Municipais e dos Governos estaduais (exemplo: Sigor em São Paulo).	<ul style="list-style-type: none"> - São Luís (2006). - Prefeitura Municipal de Campinas (2012). - Frau Consultoria (2014). - Governo do Estado do Rio Grande do Sul (2014). - Prefeitura do Município de São Paulo (2014). - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b). - Governo do Distrito Federal (2018). - Governo do Estado do Paraná (2018). - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Governo do Estado do Espírito Santo (2019). - São Paulo (2020). - Guimarães e Fiore (2020). - Modesto Filho; Lima; Silva (2022).
1-Sistemas/Ferramentas Online	Acompanhamento/fiscalização por drones e sistema georreferenciado de áreas com disposições irregulares de resíduos.	<ul style="list-style-type: none"> - Prefeitura do Município de São Paulo (2014). - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b). - São Paulo (2020).
1-Sistemas/Ferramentas Online	Sistema de Gerenciamento de MTR (Manifestos de Transporte de Resíduos) e de Integração ao MTR Nacional.	São Paulo (2020).
1-Sistemas/Ferramentas Online	Criar Banco de Agregados Recicláveis com a contribuição de transportadores e recicladores, apoiado nos dados de Planos de Fluxos de Materiais.	Prefeitura do Município de São Paulo (2014).

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
1-Sistemas/Ferramentas Online	Desenvolver ferramentas e/ou aplicativos móveis de auxílio de gestão de RCC que possam ser utilizados por diferentes tipos de usuários- como: construtoras, cidadãos, empresas responsáveis pela disposição dos resíduos e projetistas - para promover oportunidades de valorização de RCC.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c). - Oliveira <i>et al.</i> (2019). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021). - BRE Group (2024).
1-Sistemas/Ferramentas Online	Implementar ou reforçar mecanismos de conservação de registros e rastreamento de RCC desde o gerador até a unidade de destinação por meio de documentos como o Controle de Transporte de Resíduos (CTR), em formato eletrônico.	<ul style="list-style-type: none"> - Chen <i>et al.</i> (2002). - Yeheyis <i>et al.</i> (2013). - <i>European Comission</i> (2015b). - Wu <i>et al.</i> (2016). - Comissão Europeia (2016a). - Mignon e Bréquel (2017). - Won e Cheng (2017). - Esa, Halog e Rigamonti (2017). - <i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c). - Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - Cai e Waldmann (2019). - Wu, Yu e Poon (2019). - Guimarães e Fiore (2020). - São Paulo (2020). - Li <i>et al.</i> (2020). - Kabirifar <i>et al.</i> (2020). - Ogunmakinde <i>et al.</i> (2021). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
1-Sistemas/Ferramentas Online	Criar um sistema sustentado de informação, educação e comunicação para troca de informações, roteiros de RCC e listas de empresas de reciclagem por meio de parcerias com instituições especializadas e a sociedade civil, além de disseminar as informações por meio de seu próprio <i>website</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Prefeitura do Município de São Paulo (2014). - Gupta e Rani (2016). - <i>Ministry of Environment, Forest and Climate Change</i> (2018). - Meckwan e Patel (2019). - Guimarães e Fiore (2020). - Wu, Yu e Poon (2020). - Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
1-Sistemas/Ferramentas Online	Criação de plataforma de negociações para RCC, fornecendo aos seus usuários serviços como: publicações, buscas de informações sobre oferta e demanda, certificações de qualificação, correspondência de transações, registro de contratos e revisão de RCC que possam ser reutilizados diretamente, vendas e trocas de resíduos.	<ul style="list-style-type: none"> - Wu, Yu e Poon (2020). - Wu, Xie e Hao (2022).
1-Sistemas/Ferramentas Online	Com a plataforma de negócios de RCC criada, os governos poderiam permitir que fornecedores solicitem licenças diretamente na plataforma com ordens de transação, o que não só melhoraria a eficiência da disposição de RCC, mas também realizaria a padronização do processo em toda a plataforma.	Wu, Xie e Hao (2022).
2-Ações Conjuntas Público-Privado	Desenvolvimento de atividades curriculares em escolas, principalmente na área de Educação Artística, por parte das Secretarias Municipais de Educação, com o intuito de proporcionar o reaproveitamento de parte dos resíduos sólidos, transformando-os em arte nas escolas	<ul style="list-style-type: none"> - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b). - São Paulo (2020). - Belém (2020).

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
2-Ações Conjuntas Público-Privado	Maior qualificação das equipes de Limpeza Urbana dos municípios com ações como a reformulação dos procedimentos de coleta manual e mecanizada: segregação de três frações de resíduos nos próprios locais de deposição irregular e sua condução a destinos adequados: resíduos comuns / domiciliares, resíduos volumosos e resíduos da construção civil trituráveis.	Prefeitura do Município de São Paulo (2014).
2-Ações Conjuntas Público-Privado	Incentivos à divulgação de conhecimentos já disponíveis sobre o assunto (por meio de eventos e seminários) entre departamentos acadêmicos, instituições de pesquisas tecnológicas, associações empresariais e de classe, organizações da sociedade civil, entre outros.	<ul style="list-style-type: none"> - Keys <i>et al.</i> (2000). - Lu e Yuan (2011). - Knoeri <i>et al.</i> (2014). - Prefeitura do Município de São Paulo (2014). - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b). - Kelly e Dowd (2017). - Won e Cheng (2017). - <i>Ministry of Environment, Forest and Climate Change</i> (2018). - <i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c, 2018d). - Guimarães e Fiore (2020). - São Paulo (2020).

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
2-Ações Conjuntas Público-Privado	Promover pesquisas/programas em parceria e o desenvolvimento de projetos e produtos para a minimização, reutilização e reciclagem de RCC.	<ul style="list-style-type: none"> - Keys <i>et al.</i> (2000). - Lu e Yuan (2011). - Prefeitura do Município de São Paulo (2014). - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b). - Won e Cheng (2017). - Kelly e Dowd (2017). - <i>Ministry of Environment, Forest and Climate Change</i> (2018). - <i>Asian Development Bank</i> (2018d). - São Paulo (2020).
2-Ações Conjuntas Público-Privado	Promover encontros com municípios próximos ou da Região Metropolitana para troca de experiências, parcerias e arranjos regionais de gestão com relação: às áreas de manejo; usinas de reciclagem; acordos de circulação de cargas, mapeamento e licenciamento de destinos.	<ul style="list-style-type: none"> - Prefeitura do Município de São Paulo (2014). - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b).
2-Ações Conjuntas Público-Privado	Incentivar a realização de pesquisas que investiguem a reciclagem de RCC explorando a participação multissetorial e a governança colaborativa.	<ul style="list-style-type: none"> - Chen <i>et al.</i> (2018b). - Meckwan e Patel (2019).

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
2-Ações Conjuntas Público-Privado	Contribuir na divulgação das boas práticas de gerenciamento de RCCV por meio de Guias para Manejo Diferenciado de RCC classe A e B, assim como ações voltadas a transportadores e áreas receptoras licenciadas, visando recuperação e valorização máxima dos resíduos, abordando processos, produção de artefatos, procedimentos e normas.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Biointelligence Service</i> (2011). - Prefeitura do Município de São Paulo (2014). - <i>Korea Research Institute for Human Settlements</i> (2016). - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b). - <i>Environmental Protection Department</i>, ([s.d]). - <i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c, 2018d). - Guimarães e Fiore (2020). - Wu, Yu e Poon (2020).
3-Multas, Taxas e Proibições	Estabelecer grupo técnico para análise do tema fiscal e tributário na cadeia do RCC e definição de proposições para ajustes das cargas incidentes.	Prefeitura do Município de São Paulo (2014).
3-Multas, Taxas e Proibições	Aplicação e/ou aumento das multas por descartes irregulares.	<ul style="list-style-type: none"> - Governo do Estado de Sergipe (2014). - São Paulo (2020).
3-Multas, Taxas e Proibições	A taxa de despejo para entrega de RCC nas plantas de reciclagem, assim como termos e condições dos órgãos públicos com os concessionários, podem ser projetados para manter os preços dos produtos reciclados de RCC cerca de 20% mais baixos do que os produtos convencionais correspondentes.	<i>Central Pollution Control Board</i> (2017a).
3-Multas, Taxas e Proibições	Tributação de agregados virgens. Exemplo: <i>Levy</i> de Agregados no Reino Unido.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>European Comission</i> (2011). - Söderholm (2011). - <i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c).
3-Multas, Taxas e Proibições	Precificação diferenciada para resíduos inertes e não inertes.	<i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c).

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
3-Multas, Taxas e Proibições	Imposição de taxa de aterro pelo governo.	Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).
3-Multas, Taxas e Proibições	Proibir certos tipos de RCC de serem enviados a aterros sanitários.	<i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c).
3-Multas, Taxas e Proibições	Instituição de leis contra incineração de determinados resíduos da construção civil.	Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).
3-Multas, Taxas e Proibições	Proibição de aterramento de frações de resíduos combustíveis.	Wu, Yu e Poon (2020).
4-Novas Instalações Físicas e/ou Melhorias nas Instalações Existentes	Criação de canteiros ajardinados em antigos locais de deposições irregulares de RCC, além de atuações conjuntas entre empresas e escolas, transformando a atividade em práticas recreativas e educativas de forma que a área restaurada e limpa passe a ser utilizada.	Prefeitura do Município de São Paulo (2014).
4-Novas Instalações Físicas e/ou Melhorias nas Instalações Existentes	Instalação de pontos de apoio em locais estratégicos do território.	São Paulo (2020).
4-Novas Instalações Físicas e/ou Melhorias nas Instalações Existentes	Implementação de gerenciamento da Unidade de Reciclagem de Materiais (URM) por meio das seguintes ações: - Receber somente RCC das classes A e B quando devidamente separados; - Fiscalização visual na entrada e na descarga dos resíduos; e - Devolução de desconformidades ao gerador / agente de transporte com as devidas justificativas (relatório fotográfico).	Prefeitura Municipal de Campinas (2012).
4-Novas Instalações Físicas e/ou Melhorias nas Instalações Existentes	Apoiar centros comunitários de reutilização e reparo, permitindo que as comunidades evitem criar resíduos.	<i>Australia</i> (2018, 2022).

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
5-Incentivos Econômicos	Ações de incentivo, inclusive fiscais, para as construtoras que gerenciam desperdícios e empregam tecnologias de reutilização e reciclagem de RCCV nos empreendimentos.	<ul style="list-style-type: none"> - Governo do Estado da Paraíba (2014). - Frau Consultoria (2014). - <i>Ministry of Environment, Forest and Climate Change</i> (2018). - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b). - Guimarães e Fiore (2020). - Wu, Yu e Poon (2020).
5-Incentivos Econômicos	Criação de mecanismos, como Leis de Incentivo, para priorização da reutilização e a reciclagem de RCCV nas compras, obras e empreendimentos públicos e privados (exemplos: Leis de Compras Verdes existentes no Japão e na Itália)	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Ministry of the Environment of Japan</i> (2004). - Governo do Estado da Paraíba (2014). - Frau Consultoria (2014). - Knoeri <i>et al.</i> (2014). - Deloitte (2015). - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b). - <i>Ministry of Environment, Forest and Climate Change</i> (2018). - <i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c). - Guimarães e Fiore (2020). - Wu, Yu e Poon (2020).
5-Incentivos Econômicos	Após a criação de plataforma de negócios de RC, priorizar empresas que utilizam a plataforma ao solicitar licenças de transporte.	Wu, Xie e Hao (2022).
6-Formação de Mercado de RCC	Promover Chamamento Público para fornecedores de agregados reciclados nos Municípios e Regiões Metropolitanas.	Prefeitura do Município de São Paulo (2014).

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
6-Formação de Mercado de RCC	Subsídios para instalações de RCC.	- <i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c, 2018d).
6-Formação de Mercado de RCC	Assegurar e fomentar um mercado fixo para os agregados reciclados por meio de legislação específica que estabeleça incentivos econômicos voltados ao seu processamento e reutilização.	- Governo do Estado da Paraíba (2014). - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b). - <i>Ministry of Environment, Forest and Climate Change</i> (2018). - <i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c). - Chaves, Siman e Sena (2020a, 2020b).
7-Diagnóstico de RCC	Elaboração de diagnóstico quantitativo e qualitativo da geração, coleta e destinação dos RCC em cada município e estado a cada 4 anos e a instituição de sistema declaratório anual de RCC para geradores, transportadores e áreas de destinação final.	- Frau Consultoria (2014). - Governo do Estado do Rio Grande do Sul (2014). - Comissão Europeia (2016a). - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b). - Guimarães e Fiore (2020). - Governo do Estado de Rondônia (2020). - Wu, Yu e Poon (2020). - <i>OPALIS</i> (2024).
7-Diagnóstico de RCC	Elaborar inventários municipais em linha do setor profissional de recuperação de materiais de construção, representando uma ponte entre agentes de revenda e agentes de execução.	- Comissão Europeia (2016a). - <i>OPALIS</i> (2024).
7-Diagnóstico de RCC	Controle de obras que apresentam projeto com propostas de baixa geração de RCC.	Guimarães e Fiore (2020).

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
8-Ações de fiscalização	Ações de fiscalização por meio de projetos atualizados anualmente, planejamento e programação, priorizando-se as tipologias de empresas, regiões, e, eventualmente, empreendimentos específicos mais importantes com base em informações a serem analisadas conjuntamente pela CRES e DFRS, as quais serão geradas levando em conta os dados do SEIRS (os sistemas que já estiverem em operação), dados do Sistema de Movimentação de Resíduos e do próprio SGA.	Governo do Estado do Paraná (2018).
8-Ações de fiscalização	Estimular e fiscalizar as ações relativas à logística reversa de RCC, principalmente em relação aos grandes geradores.	Prefeitura de Belo Horizonte (2017b).
8-Ações de fiscalização	Identificação de caminhões de transporte de resíduos suspeitos de estarem envolvidos em despejo ilegal por meio de análises de <i>big data</i> .	Lu (2018).
8-Ações de fiscalização	Criação e/ou melhoria de planos de vigilância para prevenir práticas inadequadas entre profissionais técnicos e empresas que operam na área da construção.	Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).
8-Ações de fiscalização	Definição de servidor público responsável pela coordenação das boas práticas e pela fiscalização da efetividade das formas de multiplicação adotadas.	Guimarães e Fiore (2020).
9-Metas de gestão de RCC	Elaborar metas considerando os 3R para todos os programas, planos e projetos propostos em Planos Federais, Estaduais e Municipais de Gestão Integrada de RCC, considerando o contexto de cada local. Exemplo: No PMGIRS de Belo Horizonte, tendo como referência os anos base de 2016/2017, foram estipuladas taxas mínimas de 20% de resíduos de Classe A reciclados em 2020 e 30% em 2030, assim como a redução de geração de RCC de no mínimo 5% em obras públicas e privadas de médio e grande porte até 2020 e 10% até 2030.	<ul style="list-style-type: none"> - Korea Research Institute for Human Settlements (2016). - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b). - Chaves, Siman e Sena (2020a, 2020b). - Guimarães e Fiore (2020).

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
9-Metas de gestão de RCC	Inserir requisitos obrigatórios de reciclagem nas legislações federais, estaduais e municipais. Exemplos: Lei de Reciclagem de Materiais Relacionados à Construção no Japão, Seattle – EUA e Holanda.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Ministry of Environment of Japan</i> (2000). - <i>Seattle Public Utilities</i> (2024). - <i>Construction Resources and Waste Platform</i> (2007). - <i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c).
9-Metas de gestão de RCC	Perseguição da Inclusão de Materiais de Estrutura Reciclados em Planos de Provisão de Estrutura.	<i>Korea Research Institute for Human Settlements</i> (2016).
9-Metas de gestão de RCC	Atendimento obrigatório de um percentual mínimo de utilização de materiais reciclados (exemplo: 20%), o qual deve ser estipulado pelas Prefeituras Municipais. Este percentual pode ser obrigatório primeiramente em obras de infraestrutura urbana, em projetos de renovação envolvendo demolições e/ou assim que uma planta de reciclagem for inaugurada em cada município. Cabe destacar que estes materiais devem ser sujeitos a rigorosos controles de qualidade.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004). - <i>Deloitte</i> (2015). - <i>Korea Research Institute for Human Settlements</i> (2016). - Prefeitura de Belo Horizonte (2017b). - <i>Central Pollution Control Board</i> (2017a). - <i>Wu, Yu e Poon</i> (2020).
9-Metas de gestão de RCC	Aumentar a utilização de contratos públicos ecológicos que exijam conteúdo reciclado.	Comissão Europeia (2018).

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
10-Esquemas de REP	Estabelecer esquemas de Responsabilidade Estendida do Produtor (REP, do original <i>Extended Producer Responsibility – EPR</i>).	<p>- <i>Legislative Council Secretariat - Research Office</i> (2013).</p> <p>- Ellen Macarthur Foundation (2021).</p> <p>- <i>Department for Environment, Food and Rural Affairs</i> (2021).</p> <p>- <i>Asian Development Bank</i> (2022)</p> <p>- Shafique e Clark (2022).</p>
10-Esquemas de REP	Atribuir responsabilidades aos comerciantes de materiais de construção civil em informar aos seus clientes a localização dos ecopontos mais próximos de seus canteiros de obras.	Prefeitura do Município de São Paulo (2014).
10-Esquemas de REP	Aplicar Sistema de Marcação de Descarga Separada, ou seja, exigir que os produtores de produtos ou embalagens de reciclagem obrigatória (principalmente os produtos de uso diário) anexem uma marca de descarga separada em seus produtos para aumentar a conscientização dos consumidores para a descarga e reciclagem separadas.	<i>Legislative Council Secretariat - Research Office</i> (2013).

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
11-Mudanças em Políticas e/ou Planos (Federais, Estaduais, Regionais e Municipais)	Elaborar orientações normativas sobre os seguintes processos: (i) auditoria de pré-demolição, juntamente com contratação; (ii) listas de exemplos e guias sobre materiais específicos geralmente encontrados nos locais de demolição que devem ser indicados na documentação relativa à auditoria de pré-demolição; (iii) a reutilização, a triagem de resíduos na origem e a gestão de resíduos, juntamente com a contratação de empresas de demolição; e (iv) a triagem de resíduos na origem e a gestão de resíduos, juntamente com a contratação de empresas de construção.	- Comissão Europeia (2016a). - <i>Byggforetagen</i> (2024).
11-Mudanças em Políticas e/ou Planos (Federais, Estaduais, Regionais e Municipais)	Revisar e relatar recomendações para introduzir leis que melhorem as opções de “direito de reparo” dos consumidores.	<i>Australia</i> (2018, 2022).
11-Mudanças em Políticas e/ou Planos (Federais, Estaduais, Regionais e Municipais)	Entender a possibilidade de exigir que os RCC sejam descarregados após segregação por desmontagem separada em contratos referentes a obras governamentais.	<i>Statutes of the Republic of Korea</i> (2019).
11-Mudanças em Políticas e/ou Planos (Federais, Estaduais, Regionais e Municipais)	Prevenção da Poluição Ambiental Secundária por meio do Aprimoramento de Critérios Relacionados ao Tratamento de RCC.	<i>Korea Research Institute for Human Settlements</i> (2016).
11-Mudanças em Políticas e/ou Planos (Federais, Estaduais, Regionais e Municipais)	Aprimoramento do Gerenciamento de RCC Perigosos/Poluentes.	<i>Korea Research Institute for Human Settlements</i> (2016).

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
11-Mudanças em Políticas e/ou Planos (Federais, Estaduais, Regionais e Municipais)	Fixação de padrões que possam ser usados para determinar qual percentual de resíduo pode ser utilizado em cada tipo de aplicação. Informações sobre geração de resíduos da construção civil, estrutura regulatória e procedimentos devem ser conhecidas por todo o público.	- Gupta e Rani (2016). - <i>Asian Development Bank</i> (2018a, 2018b, 2018c). - Meckwan e Patel (2019).
11-Mudanças em Políticas e/ou Planos (Federais, Estaduais, Regionais e Municipais)	Recuperação energética apenas de materiais que não podem ser reciclados ou reutilizados.	Guimarães e Fiore (2020).
11-Mudanças em Políticas e/ou Planos (Federais, Estaduais, Regionais e Municipais)	Desenvolvimento de Protocolo voluntário para reciclagem.	- <i>European Commission</i> (2015a). - Ruiz, Ramón e Domingo (2020).
12-Certificações e/ou Auditorias Governamentais	Criar sistema de ecogestão e auditoria que permitam avaliar, comunicar e melhorar o desempenho ambiental no setor da construção civil para todos os tipos de organizações, sejam privadas ou públicas, permitindo atividades como: certificação de processos de demolição e certificação municipal/estadual/federal de baixa geração de resíduos; Exemplos: SVMS-007, TRACIMAT, EMAS e QUALIRECYCLE BTP.	- Centro Comum de Investigação/Direção-Geral do Ambiente (2015). - Comissão Europeia (2016a). - Guimarães e Fiore (2020). - <i>Société Générale De Surveillance – SGS</i> (2024). - <i>TRACIMAT</i> (2024). - <i>Recycleus du BTP</i> (2024).
12-Certificações e/ou Auditorias Governamentais	Desenvolver ferramentas para avaliar o desempenho ambiental de materiais de construção, assim como seu potencial de reutilização.	- Gálvez-Martos <i>et al.</i> (2018). - <i>European Environment Agency</i> (2021).
12-Certificações e/ou Auditorias Governamentais	Incentivar a adoção de produtos reciclados mediante certificados de qualidade e/ou critérios para determinação do “fim do estatuto de resíduo”.	- Comissão Europeia (2018). - Wu, Yu e Poon (2020).

Quadro 24 – Oportunidades de melhoria na gestão macro de RCC

Tipo de Melhoria Identificada	Oportunidade de Melhoria Identificada	Referências
12-Certificações e/ou Auditorias Governamentais	Desenvolvimento de “critério de fins de resíduos”.	Deloitte (2015).
12-Certificações e/ou Auditorias Governamentais	Utilizar indicadores de efetividade da gestão de RCC nos municípios brasileiros.	Guimarães e Fiore (2020).

Fonte: Autor (2024).

5.10 LIMITAÇÕES DA DISSERTAÇÃO

Além das recomendações de melhoria nas práticas de gestão de RCC nos canteiros de obras de galpões industriais (Ferramenta expressa no Quadro 23) e das oportunidades de melhoria encontradas relacionadas à gestão macro de RCC (Quadro 24), cabe destacar que, durante a realização desta Dissertação, foram identificadas algumas limitações durante cada etapa realizada da Metodologia de Pesquisa, conforme demonstrado a seguir:

- **Etapas de “Análise de Normas e Legislações a Nível Nacional” e de “Análise de Normas e Legislações a Nível Internacional”:** Em relação às análises das legislações nacionais encontradas a nível estadual e municipal e das legislações internacionais, após a construção da Ferramenta, foram identificadas 4 limitações.

A primeira delas se refere aos documentos encontrados durante o estudo que não puderam ser estudados em tempo hábil para esta Dissertação de Mestrado. Exemplos: o Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos de Teresina e o Tomo III do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Alagoas, ambos de 2016, e a *Waste Management Law*, de 2004 (aplicada no Irã).

A segunda limitação identificada nesta dissertação em relação à análise das legislações (estaduais, municipais e internacionais) consiste no método de pesquisa utilizado para encontrar estes documentos. No caso das legislações nacionais, foram feitas pesquisas no Google com termos como “Plano de Resíduos Sólidos <<Nome da Cidade/Estado>>” e “Plano de Resíduos da Construção Civil <<Nome da Cidade/Estado>>”.

Já no caso das legislações internacionais, foram feitas pesquisas no Google com combinações de termos como: “*Construction Waste Act* <<Nome do país em inglês>>”, “*Construction Waste Law in* <<Nome do país em inglês>>” ou “*Waste Act in* <<Nome do país em inglês>>”. Utilizou-se o inglês devido à maior possibilidade de se encontrar legislações pela utilização da língua inglesa. Porém, como o espaço amostral dos países pesquisados apresentava diferentes línguas,

como espanhol, italiano, alemão e chinês, é possível que alguns termos relacionados à Gestão de RCC – ou mesmo à Gestão de Resíduos Sólidos” não sejam identificados facilmente pelo Google.

Além disso, durante a análise das legislações encontradas, foram identificados casos em que uma legislação aparentava estar obsoleta em relação às suas próprias diretrizes (exemplo: um Plano de 2016 que apresentava como previsão a necessidade de revisões a cada 4 anos) ou mesmo referências a leis e legislações que não puderam ser lidas – ou mesmo encontradas – em tempo hábil (exemplo: Lei nº 6.126 da Prefeitura de Guarulhos, mencionada no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Guarulhos).

A terceira limitação é específica à etapa de Análise das Legislações Internacionais, já sendo mencionada na seção 4.5 desta Dissertação: dentre os documentos encontrados, há legislações que não puderam ser traduzidas por estarem escritas em ideogramas da língua nativa dos países, sendo elas as Políticas de Gestão de Resíduos de Bangladesh e do Egito.

A última limitação identificada nestas etapas se refere ao espaço amostral de legislações encontradas. Como as legislações estudadas foram pesquisadas, em sua maioria, entre março e junho de 2023, há a possibilidade – mesmo que pequena – de novas legislações sobre o assunto RCC terem entrado em vigor entre junho de 2023 e a data de defesa desta Dissertação.

Em relação a cada uma das limitações mencionadas anteriormente, entende-se que, durante próximas etapas deste trabalho – ou mesmo projetos que tomem a Ferramenta aqui apresentada como base – caso o mesmo espaço amostral seja utilizado, deve-se: (i) atualizar o espaço temporal dos documentos encontrados por meio de novas pesquisas; (ii) ler as legislações que não foram possíveis de se analisar durante esta Dissertação; e (iii) estudar formas de se encontrar legislações (sejam elas nacionais ou internacionais) de um modo mais preciso.

- **Etapa de “Revisão Bibliográfica Sistemática”:** Quanto à RBS realizada durante esta Dissertação, entende-se que os artigos obtidos possuem uma limitação temporal, uma vez que a etapa inicial da RBS (a pesquisa das combinações de *strings* nas diferentes Bases de Dados) foi realizada em meados de 2022 pelo autor. Ou seja, podem existir artigos publicados entre 2022 e a data de finalização desta Tese com características relevantes que não puderam ser introduzidos na Ferramenta.

Sendo assim, em possíveis continuações da Ferramenta aqui exposta, recomenda-se a realização de novas pesquisas nas diferentes Bases de Dados aqui demonstradas, de modo a atualizar os resultados encontrados.

- **Etapa de “Análise das Principais Certificações Ambientais com Indicadores de Gestão de RCC”:** Em relação à etapa de análise das principais certificações ambientais, após a obtenção da ferramenta de gerenciamento, o autor reconhece que foi escolhido um espaço amostral enxuto de certificações ambientais, com somente duas delas sendo agregadas ao resultado final (*iiSBE SBtool* e *LEED*).

Sendo assim, para trabalhos futuros, recomenda-se o estudo de outras certificações ambientais aplicadas no contexto internacional – como o *Green Globe* – que possuam requisitos próprios voltados à gestão de RCC, buscando-se aprimorar a Ferramenta de Gerenciamento aqui exposta.

- **Limitações Gerais:** Além das limitações descritas anteriormente, esta Dissertação também apresentou limitações gerais, as quais se referem à elaboração da Tese como um todo.

A primeira limitação consiste na falta de estudos de caso – ou mesmo visitas em campo - durante a elaboração da Ferramenta. Ao iniciar a Dissertação, era de interesse do autor realizar estudos de caso ou visitas em canteiros de obras de galpões industriais para levantar dados práticos sobre a gestão de RCC, agregando aos dados teóricos encontrados nas etapas de Pesquisa Documental e Bibliográfica. Porém, devido à complexidade apresentada pelas etapas de pesquisa, no decorrer

do processo, decidiu-se que a realização de estudos de caso deverá ser realizada em próximas etapas deste trabalho (como artigos acadêmicos ou Dissertação de Doutorado).

A segunda limitação geral se refere à falta de seções voltadas a caracterização dos tipos de RCC mais comuns em obras de galpões industriais, um dos objetivos secundários desta Dissertação. O autor reconhece que a inclusão de uma seção do trabalho voltada a esta caracterização poderia gerar resultados relevantes à proposição da ferramenta de gerenciamento como um todo. Porém, para tanto, deveriam ser feitas visitas em campo, estudos de caso ou mesmo análise de documentos de obra – como Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR), o que não foi possível realizar durante o tempo disponível para a apresentação desta Tese.

Sendo assim, entende-se que a atividade de caracterização deve ser realizada em trabalhos futuros como parte integrante da etapa de Estudo de Caso.

6 CONCLUSÕES

A presente dissertação abordou a criação de uma Ferramenta de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (RCC) adaptada especificamente para canteiros de obras de galpões industriais. Seu objetivo principal foi desenvolver uma metodologia eficiente e prática para ser implementada no cotidiano das obras, gerando benefícios na gestão de RCC, como a redução dos impactos ambientais e a otimização do uso de materiais.

A metodologia proposta envolveu as pesquisas bibliográfica e documental de leis, normas e resoluções, tendo como ponto de partida a legislação federal vigente atualmente, seguindo-se de legislações municipais, estaduais e internacionais, assim como artigos acadêmicos e as principais certificações ambientais que apresentavam informações relevantes sobre a gestão de RCC.

Por meio da análise da legislação federal, notou-se que parte de suas obrigações não é respeitada em grande parte do Brasil. Além disso, com a elaboração da Ferramenta, também foi possível identificar disparidades na gestão de RCC no próprio território nacional, com variações significativas entre diferentes regiões e municípios, destacando-se o município e o estado de São Paulo, uma vez que estes apresentam mecanismos de gestão mais robustos quando comparados aos demais municípios e estados estudados.

Além das disparidades existentes no próprio território nacional, também foi possível identificar lacunas relacionadas à gestão de RCC aplicada nos canteiros de obras brasileiros quando comparados às boas práticas encontradas por meio das pesquisas documental e bibliográfica. Tais lacunas são abordadas pela Ferramenta por meio dos/das indicadores/perguntas propostos com o intuito de melhorar o gerenciamento de RCC nos canteiros de obras, assim como acompanhar o cumprimento dos indicadores que forem aplicáveis em obra e apresentarem Status “Não” durante o primeiro uso da Ferramenta.

Conforme já citado durante a Análise dos Resultados, apesar das limitações encontradas, entende-se que a criação desta Ferramenta de Gerenciamento de RCC ainda permanece relevante para o tema estudado, podendo gerar inúmeros benefícios nas obras em que for utilizada, assim como servir de base para Ferramentas de Gerenciamento de RCC

voltadas para canteiros de obras de outros tipos de edificação, como edifícios comerciais e residenciais.

Dito isso, como próximas etapas desta Ferramenta, espera-se aprimorá-la por meio de sua aplicação em um espaço amostral de, pelo menos, 3 canteiros de obras de galpões industriais em diferentes estados de avanço. Com isso, entende-se que será possível recolher recomendações das equipes de campo, assim como verificar a aplicabilidade e a coerência de cada uma das recomendações “micro” aqui expostas e executar as alterações cabíveis para tornar a Ferramenta o mais adequado possível para utilização em diferentes estágios de obra de galpões industriais.

Além disso, com a proposição desta Ferramenta, entende-se que outros caminhos também podem ser seguidos – seja pelo autor ou por pessoas interessadas no assunto “Gestão de Resíduos da Construção Civil”, como demonstrado a seguir:

- Detalhamento dos tipos de resíduos existentes em obras de galpão industrial;
- Comparação dos tipos de resíduos existentes em uma obra de galpão industrial com demais tipos de obra;
- Utilização de espaços amostrais diferentes para a amostra de legislações nacionais;
- Utilização de espaços amostrais distintos para a amostra de pesquisas internacionais; e
- Uso de *strings* de busca diferentes durante a realização da RBS;
- Criação de plataforma online voltada a operações que envolvam RCC;
- Realização de Análises de Ciclo de Vida (ACV) comparando uma obra sem a aplicação da ferramenta e uma obra com a aplicação;
- Realização de ACVs comparando a gestão de RCC em uma obra de longo prazo antes e depois da aplicação da ferramenta;
- Revisão as classificações de documentos realizadas durante a etapa de “Consolidação de Dados Levantados”, uma vez que, dependendo do foco de próximos trabalhos, a relevância dos registros encontrados pode ser alterada a bel prazer dos autores. Exemplo: a alteração de um registro aqui definido como de “Média Relevância” para de “Alta Relevância”, entre outros.

REFERÊNCIAS

ABOGINIJE, A., AIGBAVBOA, C., & THWALA, W. *Determining the Impact of Construction and Demolition Waste Reduction practices on Green Building Projects in Gauteng Province, South Africa. In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Dubai, UAE: IEOM Society International, pp. 1-10, 2020.*

ALAGOAS. Lei Nº 7749, de 13 de outubro de 2015. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e Inclusão Produtiva, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Alagoas**, Maceió, AL, 19 out. 2015.

AMAZONAS. Lei Nº 4457, de 12 de abril de 2017. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Amazonas - PERS/AM, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Amazonas**, Manaus, AM, 12 abr. 2017.

ASIAN DEVELOPMENT BANK (ADB). *Construction and Demolition Waste Management and Recycling, Output 1: Assessment on CDW Management and Recycling in the PRC.* abril de 2018. Disponível em: <<<https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/48105/48105-001-tacr-en.pdf>>> Acesso em: 09 fev. 2024.

ASIAN DEVELOPMENT BANK (ADB). *Construction and Demolition Waste Management and Recycling, Output 2 - International Good Practice in CDW Management and Recycling.* abril de 2018. Disponível em: <<<https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/48105/48105-001-tacr-en.pdf>>> Acesso em: 09 fev. 2024.

ASIAN DEVELOPMENT BANK (ADB). *Construction and Demolition Waste Management and Recycling, Output 3 – Policy Recommendations for the Regulation of CDW Management and the Promotion of CDW Recycling.* abril de 2018. Disponível em: <<<https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/48105/48105-001-tacr-en.pdf>>> Acesso em: 09 fev. 2024.

ASIAN DEVELOPMENT BANK (ADB). *Construction and Demolition Waste Management and Recycling, Output 4 – Synthesis Report: Technical Assistance Consultant’s Report.* Abril de 2018. Disponível em: <<https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/48105/48105-001-tacr-en_1.pdf>>. Acesso em: 09 fev. 2024.

ASIAN DEVELOPMENT BANK (ADB). *Solid Waste Management Sector in Pakistan March 2022 A Reform Road Map for Policy Makers.* Março de 2022. Disponível em: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/784421/solid-waste-management-pakistan-road-map.pdf>. Acesso em: 07 de fev. de 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2020.** São Paulo, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2021.** São Paulo, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004:2004 – **Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.005:2004 – **Lixiviação de Resíduos - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.006:2004 – **Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.007:2004 – **Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.112:2004 – **Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.113:2004 - **Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.114:2004 - **Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.115:2004 - **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.031:2015 - **Gestão ambiental - Avaliação de desempenho ambiental: Diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.116:2021 - **Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.**

AUSTRALIA. *Department of the Environment and Energy. National Waste Policy Action Plan 2019.* 2018. Disponível em: <https://www.dcceew.gov.au/sites/default/files/documents/national-waste-policy-action-plan-2019.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2024.

AUSTRALIA. *Department of the Environment and Energy. National Waste Policy Action Plan Annexure 2022.* 2022. Disponível em: <https://www.dcceew.gov.au/sites/default/files/documents/national-waste-policy-action-plan-annexure-2022.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2024.

BALDWIN, A. N.; AUSTIN, S. A.; POON, C.; SHEN, L.; WONG, I. *Reducing waste in high-rise residential buildings by information modelling at the design stage. Surveying and Built Environment*, v. 18, n. 1, p. 51–62, 2007.

BALTA.IO. **O que é um framework?** Disponível em: <https://balta.io/blog/o-que-e-um-framework>. Acesso em: 31 out. 2024.

BALWAN, W. K.; SINGH, A.; KOUR, S. *5R's of zero waste management to save our green planet: A narrative review. European Journal of Biotechnology and Bioscience*, Índia, 2022.

BAO, Z.; LU, W. *Developing efficient circularity for construction and demolition waste management in fast emerging economies: Lessons learned from Shenzhen, China. Science of the Total Environment*, 724, 2020.

BAO, Z.; LU, W. *A decision-support framework for planning construction waste recycling: A case study of Shenzhen, China. Journal of Cleaner Production*, 309, 127449, 2021.

BELÉM. Câmara Municipal de Belém. **Lei nº 9.656, de 30 de dezembro de 2020.** Institui a Política Municipal de Saneamento Básico do Município de Belém, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), e o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS). Diário Oficial do Município de Belém, Belém, ano XII, n.º 552, p. 1-10, 30 dez. 2020. Disponível em: <http://promaben.belem.pa.gov.br/wp-content/uploads/2022/09/dom_30-12-20.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2023.

BIOINTELLIGENCE SERVICE. Service contract on management of construction and demolition waste – SRI. Final Report Task 2. February 2011.

BIOIS. (2016). *Resource Efficient Use of Mixed Wastes: Improving Management of Construction and Demolition Waste [Online]*, 2016.

BLOG LOGÍSTICA. **Tipos de galpão de armazenamento.** Disponível em: <https://bloglogistica.com.br/mercado/tipos-de-galpao-de-armazenamento/>. Acesso em: 28 out. 2024.

BOSSINK, B. A. G.; BROUWERS, H. J. H. *Construction waste: quantification and source evaluation. Journal of Construction Engineering and Management*, v. 122, n. 1, p. 55–60, 1996.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 de julho de 1986.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Agenda 21: Plano de Ação para o Desenvolvimento Sustentável.** [Arquivo ZIP]. Brasília, 1992. Disponível em: <<http://antigo.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/ag21.zip>>. Acesso em: 04 jun. 2024.

BRASIL. Decreto nº 875, de 19 de julho de 1993. Promulga o texto da Convenção sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 de julho de 1993.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002. Seção I, p.95-96.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 348, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 158, 17 de agosto de 2004. Seção I, p.70.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 jan. 2007.

BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 jun. 2010. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Lei 12.305, “que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a lei 9.605/98 e dá outras providências”. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 de agosto de 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA RESOLUÇÃO Nº 431, de 24 de maio de 2011 – “Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso”. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 99, quarta-feira, 25 de maio de 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA RESOLUÇÃO Nº 448, de 19 de janeiro de 2012 – “Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA”. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 14, quinta-feira, 19 de janeiro de 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA RESOLUÇÃO Nº 452, de 2 de julho de 2012 – Dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basiléia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito”. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 14, quinta-feira, 2 de julho de 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA RESOLUÇÃO Nº 469, de 29 de julho de 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.”. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, nº 14, quarta-feira, 39 de julho de 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares)**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2022.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 jan. 2022. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 abr. 2022. Seção 1, p. 1.

BRE GLOBAL. **BRE - a purpose driven organisation**. Disponível em: <<https://breeam.com/web/bre-group/about>>. Acesso em: 26 abr. 2024.

BRE GLOBAL. **BREEAM certification from BRE**. Disponível em: <<https://breeam.com/web/bre-group/products/breeam>>. Acesso em: 26 abr. 2024.

BRE GLOBAL. **BREEAM - Building Research Establishment Environmental Assessment Method**. Disponível em: <<https://breeam.com/>>. Acesso em: 26 abr. 2024.

BRE GLOBAL. **A guide to how BREEAM works**. Disponível em: <<https://breeam.com/about/how-breeam-works>>. Acesso em: 26 abr. 2024.

BRE GROUP. **Welcome to SmartWaste**. Disponível em: <https://wpe.bregroup.com/products/smartwaste/>. Acesso em: 08 jun. 2024.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 8895-1:2013 Construction materials: Methodology for selection of construction materials and products**. London: BSI, 2013.

BYGGFORETAGEN. **Vi bygger Sverige på schyssta grunder**. Disponível em: <https://byggforetagen.se/>. Acesso em: 08 jun. 2024.

CAI, G.; WALDMANN, D. *A material and component bank to facilitate material recycling and component reuse for a sustainable construction: concept and preliminary study*. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 21, p. 2015-2032, 2019.

CAMPO GRANDE. Decreto n. 11.797, de 9 de abril de 2012. **Aprova o Plano Municipal de Saneamento Básico - Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Campo Grande**. DIOGRANDE DIÁRIO OFICIAL DE CAMPO GRANDE-MS. Registro n. 26.965, Livro A-48, Protocolo n. 244.286, Livro A-10 4 ° Registro Notarial e Registral de Títulos e Documentos da Comarca de Campo Grande - Estado de Mato Grosso do Sul. ANO XV n. 3.497 - terça-feira, 10 de abril de 2012. 198 páginas.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Moção nº 093, de 07 de julho de 2008. **Solicita a celeridade na tramitação e aprovação do PL 1991/07 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, 2008.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Moção nº 128, de 15 de março de 2017. **Moção de apoio à avaliação de aplicação de medidas públicas de incentivos econômicos, financeiros, fiscais e creditícios às práticas de reciclagem**. Brasília, DF, 2017.

CENTRAL POLLUTION CONTROL BOARD (CPCB). *Guidelines on Environmental Management of Construction & Demolition (C & D) Wastes*. March 2017. (Ministry of Environment, Forests & Climate Change). Disponível em: <https://mpcb.mizoram.gov.in/uploads/attachments/025f044a580f3ce3a49e1525b2782639/guidelines-on-env-management-of-cd.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2024.

CENTRAL POLLUTION CONTROL BOARD (CPCB). *Guidelines on Dust Mitigation Measures in Handling Construction Material & C&D Wastes*. November 2017. (Ministry of Environment, Forests & Climate Change). Disponível em: <https://cpcb.nic.in/openpdffile.php?id=TGF0ZXN0RmlsZS8xODJfMTUxMzgzMzMxOV9tZWRpYXB0b3RvMTY3MDUucGRm>. Acesso em: 01 fev. 2024.

CENTRE D'ÉTUDES ET D'EXPERTISE SUR LES RISQUES, L'ENVIRONNEMENT, LA MOBILITÉ ET L'AMÉNAGEMENT (CEREMA). *Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement*. [s.d.]. Disponível em: <https://www.cerema.fr/fr/activites/environnement-risques>. Acesso em: 08 jun. 2024.

CENTRO COMUM DE INVESTIGAÇÃO/DIREÇÃO-GERAL DO AMBIENTE. *Best Environmental Management Practice of the Protocolo de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição da UE Building and Construction Sector (Melhores práticas de gestão ambiental do setor da construção)*, 2015, p. 28. Disponível em: <<<http://susproc.jrc.ec.europa.eu/activities/emas>>>. Acesso em: 05 jun. 2024.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **PCBs – Bifenilas Policloradas**. São Paulo: CETESB, 2020. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmninnkcbpcbjpcglclefindmkaj/https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/PCBs-Bifenilas-policloradas.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2024.

CHANDRAKANTHI, M.; HETTIARATCHI, P.; PRADO, B.; RUWANPURA, J. *Optimisation of the waste management for construction projects using simulation*. In: *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, San Diego, CA, USA*. In: YUCESAN, E.; CHEN, C. H.; SNOWDON, J. L.; CHARMES, J. M. (Eds.). Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2002. p. 1771–1777.

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 e Ambiental**, v. 25, n. 1, p. 167-179, jan./fev. 2020.

CHAVES, G. L. D.; SIMAN, R. R.; SENA, L. G. Ferramenta de avaliação dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: parte 2. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 1, p. 181-195, jan./fev. 2020.

CHEN, J.; SU, Y.; SI, H.; CHEN, J. *Managerial Areas of Construction and Demolition Waste: A Scientometric Review*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 15, n. 11, p. 2350, nov. 2018.

CHEN, X., LU, W.S., XUE, F., XU, J.Y. *A cost-benefit analysis of green buildings with respect to construction waste minimization using big data in Hong Kong*. *Journal of Green Building*, 13(4), 61–76, 2018.

CHEN, Z., LI, H., WONG, C.T.C. *An application of bar-code system for reducing construction wastes*. *Automation in Construction*, 11(5), 521–533, 2002.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

COMISSÃO EUROPEIA. *EU Construction and Demolition Waste Management Protocol - Executive summary*. 2016. Disponível em: <<<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/attachments/1/translations/pt/renditions/native>>>. Acesso em: 23 jan. 2024.

COMISSÃO EUROPEIA. **Protocolo de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição da UE**. Setembro de 2016. Disponível em: <<<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/attachments/1/translations/pt/renditions/native>>>. Acesso em: 07 fev. 2024.

COMISSÃO EUROPEIA. **Documento de trabalho dos serviços da Comissão: Relatório de alerta precoce relativo a Portugal que acompanha o documento RELATÓRIO DA COMISSÃO AO PARLAMENTO EUROPEU, AO CONSELHO, AO COMITÉ ECONÓMICO E SOCIAL E AO COMITÉ DAS REGIÕES relativo à aplicação da legislação da UE em matéria de resíduos, incluindo o relatório de alerta precoce relativo aos Estados-Membros em risco de incumprimento do objetivo para 2020 de preparação para a reutilização/reciclagem de resíduos urbanos**. Bruxelas, 24 de set. 2018. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018SC0422>. Acesso em: 30 jan. 2024.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION (CEN). *DIN EN 206-1: Concrete - Part 1: Specification, performance, production and conformity*. Berlim: Deutsches Institut für Normung, 2001.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION (CEN). *DIN 4226-100: Geosynthetics - Part 100: Test methods for determining the long-term effects of liquids*. Berlim: Deutsches Institut für Normung, 2002.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION (CEN). *DIN 1045-2: Design of concrete structures - Part 2: Concrete - Specification, properties, production and conformity*. Berlim: Deutsches Institut für Normung, 2008.

COMITÊ INTERMINISTERIAL DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. **Recomendação nº 15, de 09 de julho de 2012. Recomenda ao Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos a aprovação da proposta do Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, 2012.

COMPRA SUSTENTÁVEL. **Reduzir, Reutilizar e Reciclar**. 20 nov. 2019. Disponível em: <https://comprasustentavel.com.br/reduzir-reutilizar-e-reciclar.html>. Acesso em: 31 ago. 2024.

CONSELHO EUROPEU. **Diretiva 91/156/EEC do Conselho, de 18 de março de 1991, que altera a Diretiva 75/442/EEC, relativa aos resíduos, a Diretiva 78/319/EEC, relativa aos resíduos perigosos, e a Diretiva 86/278/EEC, relativa ao tratamento das águas residuais agrícolas.** Jornal Oficial da União Europeia, Série L, n.º 78, de 26/03/1991.

CONSELHO NACIONAL DO MINISTÉRIO PÚBLICO. **Diligência.** Disponível em: <https://www.cnmp.mp.br/portal/glossario/8119-diligencia>. Acesso em: 02 nov. 2024.

CONSTRUBUSINESS. A Cadeia Produtiva da Construção Acelerando a Retomada Brasileira Pós-Pandemia. Agenda para o setor. FIESP-SP. In: 14º CONGRESSO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO, 2021, São Paulo. **Apresentações.** São Paulo: FIESP, 2021.

CONSTRUCTION RESOURCES AND WASTE PLATFORM. A Review of International Approaches to Waste Prevention, and Minimisation. Oxford: DEFRA, 2007.

CORONADO, M.; DOSAL, E.; COZ, A.; VIGURI, J. R.; ANDRÉS, A. *Estimation of construction and demolition waste (C&DW) generation and multicriteria analysis of C&DW management alternatives: A case study in Spain. Waste Biomass Valor*, v. 2, n. 2, p. 209-225, 2011.

COVENTRY, S.; GUTHRIE, P. *Waste Minimisation and Recycling in Construction: Design Manual. Construction Industry Research and Information Association (CIRIA) SP134, London, UK, 1998.*

CULTURAMIX. **Solvente para Espuma Expansiva.** Imóveis Cultura Mix, 2018. Disponível em: <<https://imoveis.culturamix.com/construcao/solvente-para-espuma-expansiva>>. Acesso em: 04 jun. 2024.

DALLA ZANNA, C., FERNANDES, F., GASPARINE, J. C. *Solid construction waste management in large civil construction companies through use of specific software - case study. Acta Scientiarum. Technology Maringá*, 39(2), 169-176, 2017.

DE AMORIM, A. **Análise crítica da viabilidade econômica e ambiental do processo de reciclagem de resíduos de construção civil no âmbito de um município.** Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 2016. 164p.

DELOITTE. **Screening template for Construction and Demolition Waste management in Italy V2 – October 2015.** Outubro de 2015. Disponível em: <https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/studies/deliverables/CDW_Italy_Factsheet_Final.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2024.

DELONGUI, L.; PINHEIRO, R. J. B.; PEREIRA, D. S.; SPECHT, L. P.; CERVO, T. C. Panorama dos resíduos da Construção Civil na região central do Rio Grande do Sul. **Revista Teórica e Prática na Engenharia Civil**, Rio Grande do Sul, n. 18, p. 71-80, 2011.

DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS. **Waste Management Plan for England 2021.** London: Crown. Janeiro de 2021. Disponível em:

<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/60103f71d3bf7f05bc42d294/waste-management-plan-for-england-2021.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2024.

DICIONÁRIO PRIBERAM DA LÍNGUA PORTUGUESA. **Tomo**. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/tomo>. Acesso em: 29 out. 2024.

EKANAYAKE, L. L.; OFORI, G. *Construction material waste source evaluation*. In: *Proceedings from Strategies for a Sustainable Built Environment Conference, Pretoria, South Africa, 2000*. pp. 1–6.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Lei Antidesperdício e de Economia Circular da França: eliminando desperdícios e promovendo a inclusão social**. ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021. Disponível em: <https://emf.thirdlight.com/file/24/Om5sTEKOmi9LeRAOm7LZOm24U8Y/%5BPT%5D%20Case%20Studies%20-%20French%20Anti%20Waste%20Law.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2024.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Federal Leadership in High Performance and Sustainable Buildings Memorandum of Understanding*. 24 jan. 2006. Disponível em: https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/pdf/sustainable_mou.pdf. Acesso em: 28 jan. 2024.

ENVIRONMENTAL PROTECTION DEPARTMENT (EPD). *Site Practice for Waste Reduction in the Construction Industry*. Disponível em: http://www.epd.gov.hk/epd/misc/cdm/en_pdf/leaflet.pdf. Acesso em: 08 jun. 2024.

ENVIRONMENTAL PROTECTION DEPARTMENT (EPD). *Monitoring of Solid Waste in Hong Kong - Waste Statistics for 2017*. 2019.

ESA, M. R.; HALOG, A.; RIGAMONTI, L. *Developing strategies for managing construction and demolition wastes in Malaysia based on the concept of circular economy*. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 19, p. 1144-1154, 2017.

EUROPEAN COMMISSION. *Economic Analysis of Resource Efficiency Policies*. 2011.

EUROPEAN COMMISSION. *Towards a Circular Economy: a Zero Waste Programme for Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. COM (2014) 398 Final. Brussels: European Commission, 2014.

EUROPEAN COMMISSION. *Closing the Loop - an EU Action Plan for the Circular Economy. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. COM (2015) 614 Final. Brussels: European Commission, 2015.

EUROPEAN COMMISSION. *Construction and demolition waste management in Spain*. 2015.

EUROPEAN COMMISSION. Screening template for construction and demolition waste management in The Netherlands. 2015.

EUROPEAN COMMISSION. Guidelines for the Waste Audits Before Demolition and Renovation Works of Buildings: EU Construction and Demolition Waste Management. Bruxelas: Comissão Europeia, maio de 2018. Disponível em: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/31521/attachments/1/translations/en/renditions/native>. Acesso em: 05 fev. 2024.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). EEA core set of indicators: Guide. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2005. 38p. (EEA Technical Report n° 1/2005).

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). Country profile Overview of national waste prevention programmes in Europe: Spain 2021. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-prevention/countries/2021-waste-prevention-country-profiles/spain-waste-prevention-country-profile-2021>. Acesso em: 30 jan. 2024.

EXHIBITION PLACE. Construction Waste Management Plan (CWMP). Toronto: Exhibition Place, July 2012. Disponível em: <https://www.explace.on.ca/wp-content/uploads/2021/03/Schedule-F-App1x-Exhibition-Place-Construction-Waste-Management-Plan.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2024.

FANIRAN, O. O.; CABAN, G. *Minimising waste on construction project sites. Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 5, n. 2, p. 182–188, 1998.

FONSECA, J. J. S. *Metodologia da pesquisa científica*. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila. p. 32.

FONSÊCA, W. M. L. da; LINS, E. A. M.; PAZ, D. H. F. da; MELO, D. de C. P.; FIRMO, A. L. B. Desenvolvimento de indicadores para avaliação da sustentabilidade do gerenciamento de resíduos em canteiros de obras na Cidade do Recife. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, Recife, v. 10, n. 75, p. 32-47, 2022. ISSN eletrônico 2318-8472.

FRAL CONSULTORIA. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Goiânia**. Goiânia: FRAL Consultoria, 2014. Disponível em: <<https://www10.goiania.go.gov.br/DadosINTER/SISRS/Documentos/PlanoGestaoResiduosSolidos.PDF>>. Acesso em: 20 jan. 2024.

FUND INTERNATIONAL MONETARY. World Economic Outlook Databases. IMF Data. 2024. Disponível em: <<<https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPD@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD>>>. Acesso em: 06 jun. 2024.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Regras de Certificação AQUA-HQE™ certificado pela Fundação Vanzolini e Certivea para Edifícios em Construção (versão de março de 2014)**. Março de 2014. Disponível em: <<<https://vanzolini.org.br/wp-content/uploads/2023/12/regrasdecertificacao.pdf>>>. Acesso em: 6 jun. 2024.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Referencial Técnico de Certificação AQUA-HQE™ Sistema de Gestão do Empreendimento - SGE para Edifícios em Construção**. 07 abr. 2014. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/wp-content/uploads/2023/12/rt-sge-14-03.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2024.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Guia Prático do Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício. Versão de junho de 2016 com adendos de 27/04/2017 e 03/08/2018**. 03 ago. 2018. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/wp-content/uploads/2023/12/gp-aqua-hqe-nr-qae-emconstrucao-ad-2018-08-03.pdf>. Acesso em 31 mar. 2024.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **A Certificação AQUA-HQE™ e suas contribuições junto aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU**. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/wp-content/uploads/2023/12/e-bookaqua-hqeods.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2024.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Construção Civil AQUA-HQE**. [s.d.]. Disponível em: <<<https://vanzolini.org.br/organizacao/certificacoes/aqua-hqe/>>>. Acesso em: 06 jun. 2024.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **A Certificação AQUA-HQE™ e suas contribuições à consolidação do perfil ESG de uma empresa**. [s.d.]. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/wp-content/uploads/2023/12/e-bookaqua-hqeessg.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2024.

GALLERY CLIMATE COALITION. *The ‘Five Rs’*. 2021. Disponível em: <https://galleryclimatecoalition.org/packaging>. Acesso em: 13 dez. 2022.

GÁLVEZ-MARTOS, J.-L., STYLES, D., SCHOENBERGER, H., & ZESCHMAR-LAHL, B. *Construction and demolition waste best management practice in Europe. Resources, Conservation & Recycling*, v. 136, p. 166–178, 2018.

GBC BRASIL. **LEED v4 para Design e Construção de Bairro – Versão 4. 01 out. 2014**. Disponível em: https://www.gbcbrazil.org.br/wp-content/uploads/2019/08/LEED_v4_BDC_10_01_14_PT_3_24_17.pdf. Acesso em: 30 mar. 2024.

GBC BRASIL. **Compreenda o LEED**. Disponível em: <<<https://www.gbcbrazil.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Compreenda-o-LEED-1.pdf>>>. Data de publicação: 2017. Acesso em: 06 jun. 2024.

GBC BRASIL. **Como a certificação LEED pode impactar o mercado de construções**. Disponível em: <<<https://www.gbcbrazil.org.br/como-a-certificacao-leed-pode-impactar-o-mercado-de-construcoes/>>>. Data de publicação: 01 out. 2020. Acesso em: 06 jun. 2024.

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION (GSA). *Construction and Demolition Waste Management*. 15 de maio de 2012. Disponível em: <<https://www.gsa.gov/system/files/Construction_%26_Demo_Waste_Management_05-15-12.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2024.

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION (GSA). Construction and Demolition Waste. Disponível em: <https://www.gsa.gov/about-us/gsa-regions/region-8-rocky-mountain/sustainability-and-environmental-management/construction-and-demolition-waste>. Acesso em: 23 jan. 2024.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL. **Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PDGIRS.** Brasília: Secretaria de Estado de Meio Ambiente, março de 2018.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado da Paraíba.** João Pessoa: Governo do Estado da Paraíba, 2014. Disponível em: <https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-de-infraestrutura-e-dos-recursos-hidricos/arquivos/pers-pb-plano-estadual-residuos-solidos-pb-2014.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Goiás.** Goiânia, 2017. Disponível em: https://goias.gov.br/meioambiente/wp-content/uploads/sites/33/2023/07/pers_versao_final_forum_de_residuos_solidos-4bd.pdf. Acesso em: 20 jan. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DE RONDÔNIA. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Rondônia PERS/RO.** Eunápolis, BA: Governo do Estado de Rondônia, 2020.

GOVERNO DO ESTADO DE SERGIPE. **PERS/SE Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Sergipe.** Aracaju, SE, 29 dez. 2014. Disponível em: https://www.se.gov.br/anexos/uploads/download/filename_novo/6696/e62b70985efcc71deb3b4756e9a72b52.pdf. Acesso em: 20 jan. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos Pernambuco.** Julho de 2012. Disponível em: <https://observatoriopnrs.files.wordpress.com/2014/11/peernambuco-plano-estadual-de-resc3adduos-sc3b3lidos.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos.** Fortaleza, CE, 2015. Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMA/CE). Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2019/08/Plano-estadual-de-residuos-solidos.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado do Pará (PEGIRS): Relatório Síntese Junho 2014.** Disponível em: https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/PERGIS_VOL_2.pdf. Acesso em: 10 jan. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná: Relatório 15 – Produto 15 – Relatório Final do Plano de Ação.** Curitiba, PR, agosto de 2018. Disponível em: https://www.sedest.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-10/plano_estadual_de_residuos_solidos.pdf. Acesso em: 16 jan. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro: Relatório Síntese - 2013.** Disponível em:

<https://observatoriopnrs.files.wordpress.com/2014/11/rio-de-janeiro-plano-estadual-de-resc3adduos-sc3b3lidos.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **PERS-RS Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul 2015-2034**. Porto Alegre, RS, dez. 2014. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201905/03155041-pers-final.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2024.

GOVERNO DO ESTADO DO TOCANTINS. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Tocantins**. Maio de 2017. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/269973/>. Acesso em: 17 jan. 2024.

GREENWOOD, R.; JONES, P.; SNOW, C.; KERSEY, J. *Construction Waste Minimisation – Good Practice Guide. Welsh School of Architecture at Cardiff University in Collaboration with CIRIA, London, UK, 2003*.

GREEN BUILDING COUNCIL AUSTRALIA. *Exploring Green Star*. Disponível em: <<https://new.gbca.org.au/green-star/exploring-green-star/>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

GREEN BUILDING COUNCIL AUSTRALIA. *Green Star Rating System*. Disponível em: <<https://new.gbca.org.au/green-star/rating-system/>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

GREEN BUILDING COUNCIL AUSTRALIA. *Green Star - Design & As Built VI.3. [s.d.]*. Disponível em: <https://gbca-web.s3.amazonaws.com/media/documents/dab-v1.3-credit-categories.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2024.

GUIA DA MONOGRAFIA. **O que é uma string de busca?** Disponível em: <https://guiadamonografia.com.br/referencias-tcc/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20uma%20string,fazendo%20isso%20em%20cada%20cap%C3%ADtulo.&text=Ve%20jamos%20o%20exemplo%20de%20um,a%20neuroci%C3%AAncia%20na%20intelig%C3%AAncia%20emocional.&text=Talvez%20voc%C3%AA%20tent%20procurar%20por,e%20n%C3%A3o%20ache%20muita%20coisa>. Acesso em: 30 out. 2024.

GUIMARÃES, D.; FIORE, F. Indicadores de efetividade da gestão dos resíduos da construção civil. Estudo de caso: município de São José dos Campos/SP. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 5, set./out. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-4152202020180084>. Acesso em: 11 mar. 2024.

GUPTA, A.; RANI, M.. *Basic Concepts and Features of Good and Service Tax in India. International Journal of Science Technology and Management*, v. 5, n. 6, p. 71-77, junho 2016.

GUPTA, S.; MALIK, R. K. *The Impact of C & D Waste on Indian Environment: A Critical Review. Civil Engineering Research Journal (CERJ)*, v. 5, n. 2, p. 57-63, maio 2018.

HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. *Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on*

environmental policy performance in the context of sustainable development. Washington, D.C.: World Resources Institute, 1995.

INFRASTRUCTURE AND PROJECTS AUTHORITY. *Government Construction Strategy 2016-2020*. United Kingdom, 2016.

INNES, S. *Developing tools for designing out waste pre-site and on-site*. In: *Proceedings of Minimising Construction Waste Conference: Developing Resource Efficiency and Waste Minimisation in Design and Construction*. London: New Civil Engineer, 2004.

INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION (IBECS). *CASBEE for Building (New Construction) - Technical Manual 2014 (Edition)*. 2014. Disponível em: [\[https://www.ibecs.or.jp/CASBEE/english/download/CASBEE-BD\(NC\)e_2014manual.pdf\]](https://www.ibecs.or.jp/CASBEE/english/download/CASBEE-BD(NC)e_2014manual.pdf). Acesso em: 31 mar. 2024.

INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION (IBECS). *Built Environment Efficiency (BEE)*. Disponível em: <https://www.ibecs.or.jp/CASBEE/english/beeE.htm>. Acesso em: 27 abr. 2024.

INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION (IBECS). *CASBEE - Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*. Disponível em: <https://www.ibecs.or.jp/CASBEE/english/>. Acesso em: 27 abr. 2024.

INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION (IBECS). *CASBEE Family and tools: Tools for housing scale*. Disponível em: https://www.ibecs.or.jp/CASBEE/english/toolsE_housing.htm. Acesso em: 27 abr. 2024.

INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION (IBECS). *CASBEE Family and tools: Tools for building scale*. Disponível em: https://www.ibecs.or.jp/CASBEE/english/toolsE_building.htm. Acesso em: 27 abr. 2024.

INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION (IBECS). *CASBEE Family and tools: Tools for urban scale*. Disponível em: https://www.ibecs.or.jp/CASBEE/english/toolsE_urban.htm. Acesso em: 27 abr. 2024.

INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION (IBECS). *CASBEE Family and tools: Tools for city scale*. Disponível em: https://www.ibecs.or.jp/CASBEE/english/toolsE_city.htm. Acesso em: 27 abr. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua**, Rio de Janeiro, 2012 a 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Contas Nacionais Trimestrais: Indicadores de Volume e Valores Correntes – Jul.-Set. 2022**. Brasília: 2022. 32 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Relatório de Pesquisa. Brasília: IPEA, 2012.

INTERNATIONAL INITIATIVE FOR A SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT (IISBE). *SBTool and SNTool*. Disponível em: <<https://www.iisbe.org/sbmethod>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

INTERNATIONAL INITIATIVE FOR A SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT (IISBE). *iiSBE Tools Description 30Mar22*. Arquivo zip. Disponível em: <https://www.iisbe.org/system/files/private/iiSBE%20Tools%20description%2030Mar22.pptx__0.zip>. Acesso em: 27 abr. 2024.

INTERNATIONAL INITIATIVE FOR A SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT (IISBE). *SBTool_30Mar22*. Arquivo zip. Disponível em: <https://www.iisbe.org/system/files/private/SBTool_30Mar22_0.zip>. Acesso em: 24 abr. 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *EN 303-1:1999/A1:2003, Heating boilers with forced draught burners - Terminology, general requirements, testing and marking*. Genebra: ISO, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *EN 303-7:2006, Heating boilers — Part 7: Boiler connecting systems and fittings*. Genebra: ISO, 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *EN 303-5:2012, Heating boilers - Part 5: Heating boilers for solid fuels, manually and automatically stoked, nominal heat output of up to 500 kW - Terminology, requirements, testing and marking*. Genebra: ISO, 2012.

ITALIA. *Decreto Legislativo 3 dicembre 2010, n. 205 Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive*. Roma: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2010. Disponível em: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/dlgs_03_12_2010_205.pdf. Acesso em: 08 jun. 2024.

KABIRIFAR, K.; MOJTAHEDI, M.; WANG, C.; TAM, V. W. Y. *Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review*. *Journal of Cleaner Production*, v. 263, p. 121265, 2020.

KAMINO, G.; GOMES, S.; BRAGANÇA, L. *Improving the sustainability assessment method SBTool Urban – A critical review of construction and demolition waste (CDW) indicator*. In *SBE19 Brussels BAMB-CIRCPATH IOP Publishing, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 225, 012004, 2019.

KELLY, M.; DOWD, D.. *A review of construction waste management practices on selected case studies in Ireland*. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Waste and Resource Management*, v. 170, n. WR2, p. 78-84, maio 2017. DOI: 10.1680/jwarm.17.00007.

KEYS, A.; BALDWIN, A. N.; AUSTIN, S. A. *Designing to encourage waste minimisation in the construction industry. In: Proceedings of CIBSE National Conference, CIBSE2000, Dublin, Ireland. Chartered Institute of Building Services Engineers (CIBSE), London, UK, 2000.*

KNOERI, C.; NIKOLIC, I.; ALTHAUS, H.; BINDER, C. *Enhancing Recycling of Construction Materials: An Agent Based Model with Empirically Based Decision Parameters. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, v. 17, n. 3, p. 10, 2014.*

KOREA ENVIRONMENT & RESOURCES CORPORATION. (2013). Disponível em: http://www.envico.or.kr/language/Eng_new/about/Eng_Basic_View.jsp. Acesso em: 08 de jun. de 2024.

KOREA RESEARCH INSTITUTE FOR HUMAN SETTLEMENTS. 2016 Modularization of Korea's Development Experience: Waste Resources Management and Utilization Policies of Korea. Ministry of Strategy and Finance (MOSF), Republic of Korea, 2016. Disponível em: https://www.seoulsolution.kr/sites/default/files/%5BKSP%20Modularization%5D%20Waste%20Resources%20Management%20and%20Utilization%20Policies%20of%20Korea_2016.pdf. Acesso em: 14 fev. 2024.

LA SERNA, H. A.; REZENDE, M. M. **Agregados para a Construção Civil.** Brasília: DNPM, 2005. Disponível em: https://sistemas.anm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=4008. Acesso em: 28 out. 2024.

LEGISLATIVE COUNCIL SECRETARIAT - RESEARCH OFFICE. INFORMATION NOTE South Korea's waste management policies. 26 de março de 2013. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/51180175.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2024.

LI, J.; YAO, Y.; ZUO, J.; LI, J. *Key policies to the development of construction and demolition waste recycling industry in China. Waste Management, v. 108, p. 137-143, 2020.*

LU, M., POON, C. S., & WONG, L. C. *Application framework for mapping and simulation of waste handling processes in construction. Journal of Construction Engineering and Management, 132(11), 1212–1221, 2006.*

LU, W.; YUAN, H. *Off-site sorting of construction waste: what can we learn from Hong Kong? Resources, Conservation and Recycling, v. 69, p. 100–108, 2012.*

LU, W. *Big data analytics to identify illegal construction waste dumping: a Hong Kong study. Resources, Conservation and Recycling, 141, 264–272, 2019.*

MARQUES, C. T.; GOMES, B. M. F.; BRANDLI, L. L. *Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 79-90, out./dez. 2017.*

MARQUES NETO, J.C. **Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição na Bacia Hidrográfica do Turvo Grande.** 2009. 629 p. Tese (Doutorado em

Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2009.

MARTÍNEZ-BERTRAND, C., TOMÉ, M. *Gestión de residuos de construcción y demolición (RCDS): importancia de la recogida para optimizar su posterior valorización. Congreso Nacional Del Medio Ambiente, España, 2009.*

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração: da revolução urbana à revolução digital.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

MAXTON LOGÍSTICA. **Conheça os tipos de galpão de armazenamento.** MAXTON Logística. 2018. Disponível em: <<<https://maxtonlogistica.com.br/conheca-os-tipos-de-galpao-de-armazenamento/>>>. Acesso em: 05 jun. 2024.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things.* 1. ed. New York: North Point Press, 2002.

MECKWAN, A.; PATEL, D. *Construction & Demolition Waste Management Practices in Construction Industry in Vadodara. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, v. 06, n. 04, p. 824-828, abril de 2019.

MIGNON, B.; BRÉQUEL, H. *Comparative case study of the construction and demolition waste practical treatment induced by different legislations in France and Belgium (Wallonia and Flanders). In: International Hiser Conference On Advances In Recycling And Management Of Construction And Demolition Waste, 21-23 jun. 2017, Delft. Delft: Delft University of Technology, 2017.*

MINISTRY OF ENVIRONMENT, FOREST AND CLIMATE CHANGE. *Notification New Delhi, the 18th March, 2016, as amended 27th March, 2018. Published in the Gazette of India, Part-II, Section-3, Sub-section (i).* Disponível em: <https://cpcb.nic.in/displaypdf.php?id=cGxhc3RpY3dhc3RIL1BXTV9HYXpldHRILnBkZg>. Acesso em: 31 jan. 2024.

MINISTRY OF INFRASTRUCTURE AND WATER MANAGEMENT. *National Waste Management Plan 2017 – 2029 (first revised version). NWMP3 / Section A: General policy framework. P. 24-27. 19 jul. 2019.* Disponível em: <https://lap3.nl/publish/pages/181680/lap3-a3-objectives-19-07-2019-eng-def.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2024.

MINISTRY OF INFRASTRUCTURE AND WATER MANAGEMENT. *National Waste Management Plan 2017 – 2029 (first change). NWMP3 / Part A: General policy framework. P. 24-27. 19 jul. 2019.* Disponível em: <https://lap3.nl/publish/pages/181680/lap3-a6-international-19-07-2019-eng-def.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2024.

MINISTRY OF THE ENVIRONMENT OF JAPAN. *Construction Material Recycling Act (Act No. 104 of 2000).* Japan's Ministry of Environment, Tokyo, Japan, 2000.

MINISTRY OF THE ENVIRONMENT OF JAPAN. *Waste Management and Recycling in JAPAN.* Junho de 2004. Disponível em:

https://www.env.go.jp/en/recycle/asian_net/Annual_Workshops/2004_PDF/24_wastemgmtjan.pdf. Acesso em: 01 fev. 2024.

MODESTO FILHO, P.; LIMA, E. B. N. R.; SILVA, J. A. (organizadores). **Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Mato Grosso - PERS/MT: Tomo I**. Cuiabá: EdUFMT, 2022.

MORAES, F.T.F., GONÇALVES, A.T.T., LIMA, J.P., & LIMA, R.S. *An assessment tool for municipal construction waste management in Brazilian municipalities*. **Waste Management & Research**, 1–11. 2020.

OGUNMAKINDE, O. E.; SHER, W.; EGBELAKIN, T. *Circular economy pillars: a semi-systematic review*. **Clean Technologies and Environmental Policy**, 2021.

OLIVEIRA, M. S.; OLIVEIRA, E. A.; WANDERLEY, A. CAMPOS, A. M.; FONSECA, A. M. *Smart management of waste from construction sites: mobile application technology in the city of Manaus, Amazonas, Brazil*. In: **XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: “Challenges and paradigms of the contemporary city”**. Barcelona, 2019. p. 8426–8440.

OLIVEIRA, M. P. S. L., OLIVEIRA, E. A., & FONSECA, A. M. *Strategies to promote circular economy in the management of construction and demolition waste at the regional level: a case study in Manaus, Brazil*. **Clean Technologies and Environmental Policy**, 23, 2713–2725, 2020.

OPALIS. Building and renovating with reclaimed materials: Professional dealers, common materials, examples of projects. Disponível em: <https://opalis.eu/en>. Acesso em: 08 jun. 2024.

OSMANI, M.; GLASS, J.; PRICE, A. D. F. *Architects’ perspectives on construction waste reduction by design*. **Waste Management**, v. 28, n. 7, p. 1147–1158, 2008.

OSMANI, M.; VILLORIA-SÁEZ, P. (2019). *Current and emerging construction waste management status, trends and approaches*. In: LETCHER, T.M.; VALLERO, D.A. (Eds.). **WASTE, a Handbook for Management, II edition**. Academic Press Elsevier, pp. 365–380. ISBN 978-0-12-815060-3.

OSOBAJO, O. A.; OKE, A.; OMOTAYO, T.; OBI, L. I. *A systematic review of circular economy research in the construction industry*. **Smart and Sustainable Built Environment**, 2020.

PARANÁ. Lei nº 20.607, de 10 de junho de 2021. Dispõe sobre o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Paraná e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, PR, 10 jun. 2021.

PEREIRA, C. Tipos de Resíduos da Construção Civil. **Escola Engenharia (site)**, 2017. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-residuos/>>. Acesso em: 04 jun. 2024.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C.; CURI, W. F. Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões. **Eng Sanit Ambient**, v. 23, n. 3, p. 471-483, maio/jun 2018.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C.; CURI, W. F. Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: parte II – uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões: aplicação do modelo. **Eng Sanit Ambient**, v. 23, n. 3, p. 485-498, maio/jun 2018.

POLYU. *Hong Kong Building Environmental Assessment Method*. Disponível em: <https://www.bse.polyu.edu.hk/research/BEP/hkbeam/HK-BEAMWEB/HK-BEAM-2004.htm>. Acesso em: 08 jun. 2024.

POON, C.S., YU, A.T.W., NG, L.H. *On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong*. **Resources, Conservation and Recycling**, 32(2), 157–172, 2001.

POON, C. S.; YU, A. T. W.; WANG, S. W.; CHEUNG, E. *Management of construction waste in public housing projects in Hong Kong*. **Construction Management and Economics**, v. 22, n. 7, p. 675–689, 2004.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS da Cidade do Rio de Janeiro (Base de dados - dez/2014)**. Dezembro de 2015. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3372233/4160602/PMGIRS_Versao_final_publicacao_DO_dezembro2015_19_ABR_2016_sem_cabecalho1.pdf. Acesso em: 27 dez. 2023.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS da Cidade do Rio de Janeiro (Base de dados - dez/2020)**. Julho de 2021. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/13305794/4334422/PMGIRSVERSAO12_08_21.pdf. Acesso em: 04 jan. 2024.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE (PBH). **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (PMGIRS-BH)**. Belo Horizonte, 2017.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo**. São Paulo: Prefeitura do Município de Prefeitura do Município de São Paulo (2014). Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte**. Março de 2017. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/slu/2018/documentos/cartilha_pmgirs-bh.pdf. Acesso em: 22 dez. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PGIRS Município de Campinas**. Campinas: Prefeitura Municipal de Campinas, 2012. Disponível em:

<https://planodiretor.campinas.sp.gov.br/timeline/timeline/24_materiais_recebidos_leitura_cidade/PGIRS-24-08-2012.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Plano Municipal de Saneamento Básico. Volume IV. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Curitiba.** Novembro de 2017. Disponível em: <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2021/00314779.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARULHOS. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Guarulhos – PGIRS.** Guarulhos. Novembro de 2013. Disponível em: <<https://www.guarulhos.sp.gov.br/sites/default/files/2019-04/PGIRS.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MANAUS. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Manaus (PMGIRS),** novembro de 2015.

RECYCLEURS DU BTP. Recycleurs du BTP. Disponível em: <https://recycleurs-du-btp.fr/>. Acesso em: 08 jun. 2024.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE. Journal officiel électronique authentifié. Samedi 14 janvier 2012 / N° 12. Disponível em: <https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf?id=rsN673zjiwF0NMctidfNnu7mT0ji9z3kMMVYU8Jy7sc=>. Acesso em: 08 jun. 2024.

RESÍDUO ALL. **Descarte de resíduos químicos de tinta.** Resíduo All (site), 2016. Disponível em: <<http://residuoall.com.br/2016/12/14/descarte-de-residuos-quimicos-de-tinta/>>. Acesso em: 04 jun. 2024.

RICO. **O que é benchmark?** Disponível em: <https://ricconnect.rico.com.br/blog/benchmark/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20benchmark%3F,o%20desempenho%20da%20sua%20estrat%C3%A9gia>. Acesso em: 30 out. 2024.

ROCK CONTENT. **Stakeholder: o que é, importância e tipos principais.** Disponível em: <https://rockcontent.com.br/blog/stakeholder/>. Acesso em: 02 nov. 2024.

ROCK IDENTIFIER. **Crisótilo.** Disponível em: <https://rockidentifier.com/pt/wiki/Chrysotile.html>. Acesso em: 28 out. 2024.

RORAIMA. Lei nº 416, de 14 de janeiro de 2004. Dispõe sobre a Política Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Roraima,** Boa Vista, RR, 14 jan. 2004.

RUIZ, L. A. L.; RAMÓN, X. R.; DOMINGO, S. G. *The circular economy in the construction and demolition waste sector - A review and an integrative model approach. Journal of Cleaner Production*, v. 248, p. 119238, 2020.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 584 p.

SÃO LUÍS. **Lei nº 4653, de 21 de agosto de 2006.** Cria o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos, e o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil no Município de São Luís-MA e dá outras providências. Diário Oficial do Município de São Luís, Edição nº 161/XXVI, p. 2-7, 21 ago. 2006. Disponível em:

https://diariooficial.saoluis.ma.gov.br/uploads/diario_oficial/5211/f3yAIFkIc24741RDmNwT Sckoq_MoQzhN.pdf. Acesso em: 20 dez. 2023.

SÃO PAULO (Estado). Governo do Estado de São Paulo / Secretaria do Meio Ambiente - Coordenadoria de Planejamento Ambiental / Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo - SindusCon-SP - Comitê de Meio Ambiente. **Resíduos da Construção Civil e o estado de São Paulo.** São Paulo, SP, 2012.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. **Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo 2020.** São Paulo (2020).

SCHAMNE, A. N.; NAGALLI, A. *Evaluation of the potential application of the precepts of solid waste reverse logistics to the civil construction sector in Curitiba, Paraná. International Journal of Environment and Waste Management (Print)*, v. 22, n. 1-4, p. 24, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJEW.2018.094102>.

SEATTLE PUBLIC UTILITIES. **Construction and Demolition Waste Management.** Disponível em: <https://www.seattle.gov/utilities/construction-resources/collection-and-disposal/construction-and-demolition>. Acesso em: 08 jun. 2024.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Espírito Santo.** Vitória, 2019. Disponível em: [https://seama.es.gov.br/Media/seama/Documentos/Plano%20Estadual%20de%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos%20\(PERS\)%20-%20VERS%C3%83O%20COMPLETA.pdf](https://seama.es.gov.br/Media/seama/Documentos/Plano%20Estadual%20de%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos%20(PERS)%20-%20VERS%C3%83O%20COMPLETA.pdf). Acesso em: 20 jan. 2024.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO – SNS. **Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos: Visão Geral – ano de referência 2020.** Brasília, dez. 2021.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO – SNS. **Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos: Gestão Técnica dos Serviços – ano de referência 2020.** Brasília, jun. 2022.

SHAFIQUE, S.; CLARK, T. **Waste Management in Pakistan: Status / Best Practices / Recommendations.** SWITCH-Asia, 2022. Disponível em: https://www.switch-asia.eu/site/assets/files/3378/waste_management_in_pakistan_final.pdf. Acesso em: 13 fev. 2024.

SHOOSHTARIAN, S.; MAQSOOD, T.; WONG, P. S. P.; KHALFAN, M.; YANG, R. J. *Green construction and construction and demolition waste management in Australia. In: 43rd AUBEA Conference: Built to Thrive: Creating Buildings and Cities That Support Individual Well-Being and Community Prosperity*, Noosa, Austrália, novembro de 2019.

SIGNIFICADOS DE PALAVRAS. **Asbestose: o que é, significado e origem.** Disponível em: <https://www.significadosdepalavras.com/asbestose>. Acesso em: 28 out. 2024.

SIGNIFICADOS DE PALAVRAS. **Borra: o que é, significado e origem.** Disponível em: <https://www.significadosdepalavras.com/borra>. Acesso em: 28 out. 2024.

SIGNIFICADOS DE PALAVRAS. **Meio-fio: o que é, significado e origem.** Disponível em: <https://www.significadosdepalavras.com/meio-fio>. Acesso em: 28 out. 2024.

SIGNIFICADOS DE PALAVRAS. **Mesotelioma: o que é, significado e origem.** Disponível em: <https://www.significadosdepalavras.com/mesotelioma>. Acesso em: 28 out. 2024.

SIGNIFICADOS DE PALAVRAS. **Terraplenagem: o que é, significado e origem.** Disponível em: <https://www.significadosdepalavras.com/terraplenagem>. Acesso em: 28 out. 2024.

SIGNIFICADOS DE PALAVRAS. **Turbidez: o que é, significado e origem.** Disponível em: <https://www.significadosdepalavras.com/turbidez>. Acesso em: 28 out. 2024.

SILVA, A. W. L.; SELIG, P. M.; MORALES, A. B. T. Indicadores de sustentabilidade em processos de avaliação ambiental estratégica. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 75-96, set.-dez. 2012.

SILVEIRA, N. Proposição de Metodologia para Avaliar o Desempenho da Gestão Ambiental em Obras de Implantação e Pavimentação de Rodovias. **Dissertação (Mestrado)**. p. 244. Viçosa, 2015.

SILVEIRA, N. de F. N.; AZEVEDO, M. de A. Indicadores de Desempenho para Avaliação da Gestão de Resíduos Sólidos na Construção Civil. In: 4º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Gramado. **Anais**. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2021.

SKOYLES, E.R.; SKOYLES, J.R. *Waste Prevention on Site*. London: Mitchell, 1987.

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DE SURVEILLANCE (SGS). **BRL SVMS 007 Certification**. Disponível em: <https://www.sgs.com/en-nl/services/brl-svms-007-certification>. Acesso em: 08 jun. 2024.

SÖDERHOLM, P. *Taxing virgin natural resources: Lessons from aggregates taxation in Europe*. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 55, p. 911-922, 2011.

STATUTES OF THE REPUBLIC OF KOREA. **Construction Waste Recycling Promotion Act**. 16 abr. 2019. Disponível em: <<<http://faolex.fao.org/docs/pdf/kor163044.pdf>>> Acesso em: 05 fev. 2024.

STRUCTURAÇO. **Vantagens da Estrutura Metálica**. Structuraço Estruturas Metálicas. 2017. Disponível em: <<<https://www.structuraco.com/vantagens-da-estrutura-metalica/>>>. Acesso em: 05 jun. 2024.

TESSARO, A. B.; SÁ, J. S.; SCREMIN, L. B. Quantificação e Classificação dos Resíduos Procedentes da Construção Civil e Demolição no Município de Pelotas, RS. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 121-130, abr./jun. 2012.

THOMAS, J.; WILSON, P. M. *Construction Waste Management in India. American Journal of Engineering Research (AJER)*, v. 2, p. 06-09, 2013.

TOKYO METROPOLITAN GOVERNMENT. *Waste Management in Tokyo*. [S.l.]: [s.n.], [s.d.]. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/213292860/Waste-Management-in-Tokyo>. Acesso em: 23 jan. 2024.

TRACIMAT. *Tracimat - Stichting voor het traceerbaar maken van inert afval in de bouwsector*. Disponível em: <https://www.tracimat.be/>. Acesso em: 08 jun. 2024.

TRANSPORT AND TRAVEL RESEARCH. *Freight Consolidation Centre Study [Online]*. 2010.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Characterization of Building-related Construction and Demolition debris in the United States*. 1998.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *RCRA in Focus: Construction, Demolition, and Renovation*. Washington, D.C.: EPA, 2004. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-01/documents/rif-cd.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 2000/76/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de dezembro de 2000, relativa à incineração de resíduos**. Jornal Oficial da União Europeia, L 332, 28 de dezembro de 2000, p. 91-111. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32000L0076>. Acesso em: 08 jun. 2024.

UNIÃO EUROPEIA. **Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro de 2008, relativa aos resíduos e que revoga certas diretivas**. Luxemburgo: Jornal Oficial da União Europeia, 2008. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098>. Acesso em: 07 fev. 2024.

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED v4.1 BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION Getting started guide for beta participants**. February 2024. 2024.

UVA, M. **10 características do galpão perfeito**. Superbid Exchange. 2019. Disponível em: <<<https://blog.superbid.net/caracteristicas-do-galpao-perfeito/>>>. Acesso em: 05 jun. 2024.

WORLDOMETERS. *Population by Country*. Worldometers. 2023. Disponível em: <<<https://www.worldometers.info/world-population/population-by-country/>>>. Acesso em: 22 abr. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Environmental Health Criteria 203: Principles and Methods for Assessing Direct Immunotoxicity Associated with Exposure to Chemicals*. Geneva: World Health Organization, 1999. Disponível em: <<<https://inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc203.htm>>>. Acesso em: 31 mai. 2024.

WASTE RESOURCE ACTION PROGRAMME (WRAP). *Practical Solutions for Sustainable Construction: Achieving Good Practice Waste Minimisation and Management - Guidance for Construction Clients, Design Teams and Contractors*. [s.d.]. Disponível em: https://www.eauc.org.uk/file_uploads/wrap2.pdf. Acesso em: 08 jun. 2024.

WASTE RESOURCE ACTION PROGRAMME (WRAP). *The Construction Commitments: Halving Waste to Landfill*. 2011.

WASTE RESOURCE ACTION PROGRAMME (WRAP). *Built environment circular economy*. 2013.

WON, J.; CHENG, J.C. P. *Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization*. *Automation in Construction*, Volume 79, July 2017, Pages 3-18.

WHOLE BUILDING DESIGN GUIDE (WBDG). *High Performance and Sustainable Buildings Guidance Final (1/12/08)*. Disponível em: https://www.wbdg.org/FFC/FED/hpsb_guidance.pdf. Acesso em: 31 jan. 2024.

WU, H.Y., DUAN, H.B., ZHENG, L.N., WANG, J.Y., NIU, Y.N., ZHANG, G.M., *Demolition waste generation and recycling potentials in a rapidly developing flagship megacity of South China: Prospective scenarios and implications*. *Construction and Building Materials*, v. 113, p. 1007–1016, 2016.

WU, Z.; YU, A. T. W.; POON, C. S. *An off-site snapshot methodology for estimating building construction waste composition - a case study of Hong Kong*. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 77, p. 128–135, 2019.

WU, Z.; YU, A. T. W.; POON, C. S. *Promoting effective construction and demolition waste management towards sustainable development: A case study of Hong Kong*. *Sustainable Development*, v. 28, p. 1713–1724, 2020.

WU, W.; XIE, L.; HAO, J. L. *An integrated trading platform for construction and demolition waste recovery in a circular economy*. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, v. 25, 100597, 2022.

YEHEYIS, M.; HEWAGE, K.; ALAM, M. S.; ESKICIOGLU, C.; SADIQ, R. *An overview of construction and demolition waste management in Canada: A lifecycle analysis approach to sustainability*. *Clean Technol Environ Policy*, v. 15, p. 81-91, 2013.

ZANNI, S.; SIMION, I. M.; GAVRILESCU, M.; BONOLIA, A. *Life Cycle Assessment applied to circular designed construction materials*. *Procedia CIRP*, v. 69, p. 154-159, 2018. **Presented at: 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference**, 30 April – 2 May 2018, Copenhagen, Denmark.

ZHANG, X. L., WU, Y. Z., & SHEN, L. Y. *Application of low waste technologies for design and construction: a case study in Hong Kong*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2973–2979, 2012.

ZWIA. **Zero Waste Definition.** *Zero Waste International Alliance: working towards a world without waste*, 2018. Disponível em: <<https://zwia.org/zero-waste-definition/>>. Acesso em: 4 jun. 2024.

GLOSSÁRIO

A

AGREGADO – Agregados são materiais granulares, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades estabelecidas para uso em obras de engenharia civil, tais como, a pedra britada, o cascalho e as areias naturais ou obtidas por moagem de rocha, além das argilas e dos substitutivos como resíduos inertes reciclados, escórias de aciaria, produtos industriais, entre outros. Os agregados são abundantes no Brasil e no mundo. 602 Os agregados podem ser naturais ou artificiais. Os naturais são os que se encontram de forma particulada na natureza (areia, cascalho ou pedregulho) e os artificiais são aqueles produzidos por algum processo industrial, como as pedras britadas, areias artificiais, escórias de alto-forno e argilas expandidas, entre outros (LA SERNA; REZENDE, [s.d.]).

ASBESTOSE – Doença respiratória crônica causada pela exposição prolongada à fibra de amianto. O amianto é um mineral fibroso usado comumente na indústria da construção civil e em materiais de isolamento. Quando as fibras de amianto são inaladas, elas se alojam nos pulmões e causam inflamação crônica, resultando em cicatrizes e danos nos tecidos pulmonares (SIGNIFICADO DE PALAVRAS, 2024a).

B

BENCHMARK – Padrão de referência do mercado utilizado para avaliar o desempenho de uma estratégia nos negócios, seja no marketing ou até mesmo nos investimentos (RICO, 2024).

BIFELINA POLICLORADA – As bifenilas policloradas (do inglês, *polychlorinated biphenyls* – PCBs) são compostos orgânicos clorados sintéticos que, dependendo do número e da posição dos átomos de cloro ligados à sua estrutura química, podem resultar em 209 diferentes PCBs (congêneres) (CETESB, 2020).

BORRA – Resíduo sólido que se forma durante processos industriais, caracterizando-se por uma mistura de partículas sólidas, líquidos e, em alguns casos, gases. A composição da borra varia amplamente dependendo do contexto industrial. Por exemplo, na indústria do petróleo, a

borra pode incluir fragmentos de rocha e outros materiais resultantes da perfuração. Já na indústria alimentícia, como a de café, a borra é o resíduo que sobrou após a extração da bebida (SIGNIFICADO DE PALAVRAS, 2024b).

C

CRISOTILA – Designação dada a um subgrupo de minerais asbestiformes do grupo da serpentina. São conhecidas três espécies de crisotila: clinocrisótilo (monoclínico) ortocrisótilo (ortorrômbico) paracrísótilo (um polimorfo também ortorrômbico as três espécies são filossilicatos. São minerais fibrosos, tendo sido extensivamente explorados para a produção de asbesto (também conhecido como amianto) (ROCK IDENTIFIER, 2024).

D

DILIGÊNCIA – Providências a serem executadas no curso de um processo, procedimento ou inquérito policial para esclarecimento de questões relacionadas aos assuntos nele tratados (CONSELHO NACIONAL DO MINISTÉRIO PÚBLICO, 2024).

F

FRAMEWORK – É um conjunto de bibliotecas, que abordam funcionalidades, e estruturas, para o desenvolvimento de aplicações, a fim de fornecer soluções para um mesmo domínio de problema, permitindo a reutilização do seu código. Assim, através das diversas linguagens de programação, os Frameworks são criados e identificados pelas metodologias, propósitos, e implementações, aos quais os diversos tipos de aplicações, na maioria orientadas a objetos, poderão reutilizar suas estruturas e códigos.

Um Framework é formado por um conjunto classes implementadas em uma determinada linguagem de programação, que fornece recursos comuns já prontos, validados e testados, os quais podem ser usados para auxiliar o desenvolvimento de software, viabilizando maior eficiência na resolução dos problemas, otimização de recursos, e detecção de erros (BALTA.IO, 2024).

G

GALPÃO EM SHED – Os galpões do tipo Shed são aqueles que apresentam vãos simples ou múltiplos. Nesses galpões, as coberturas acabam sendo montadas como degraus, oferecendo a circulação de ar necessária para produtos que necessitam de iluminação natural e/ou ventilação (BLOG LOGÍSTICA, 2024).

GESTÃO – A "gestão" está associada ao processo de liderança e à tomada de decisões estratégicas em uma organização. Refere-se ao ato de dirigir e coordenar os recursos de uma empresa (humanos, financeiros, materiais, etc.) para alcançar seus objetivos de longo prazo. O termo implica uma visão mais ampla, envolvendo a definição de políticas, planejamento estratégico e a responsabilidade final pelos resultados organizacionais (CHIAVENATO, 2011; MAXIMIANO, 2015).

GERENCIAMENTO – O "gerenciamento" está mais relacionado à execução prática e à supervisão direta das atividades operacionais. Envolve administrar os recursos e processos de forma eficiente para atingir os objetivos já estabelecidos pela gestão. O gerenciamento está mais ligado à implementação do que foi planejado na gestão (CHIAVENATO, 2011; MAXIMIANO, 2015).

M

MEIO-FIO – Estrutura de concreto ou pedra localizada nas bordas das calçadas, com o objetivo de separar a calçada da rua. É comumente utilizado para direcionar o fluxo de pedestres e veículos, além de servir como um meio de proteção para evitar que os veículos invadam a área de pedestres (SIGNIFICADO DE PALAVRAS, 2024c).

MESOTELIOMA – Forma rara e agressiva de câncer que se desenvolve nos tecidos que revestem os órgãos internos do corpo, conhecido como mesotélio. Geralmente, o mesotelioma está relacionado à exposição ao amianto, uma fibra mineral amplamente utilizada anteriormente em materiais de construção, equipamentos de proteção e outros produtos industriais (SIGNIFICADO DE PALAVRAS, 2024d).

R

RESÍDUOS AGROSSILVOPASTORIS – Os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades (BRASIL, 2010b).

S

STAKEHOLDER – qualquer indivíduo ou organização que, de alguma forma, é impactado pelas ações de uma determinada empresa. Em uma tradução livre para o português, o termo significa parte interessada (*ROCK CONTENT, 2024*).

STRING DE BUSCA – Uma string de busca é uma técnica de pesquisa que consiste em dividir o tema de pesquisa em várias palavras-chave, distribuídas por cada capítulo (GUIA DA MONOGRAFIA, 2024).

T

TERRAPLENAGEM – Técnica amplamente utilizada na construção civil e engenharia para nivelar e preparar o terreno antes da construção de edifícios, estradas, barragens e outros projetos de infraestrutura. Esse processo envolve a remoção ou adição de terra, dependendo das necessidades do projeto, a fim de criar uma superfície adequada para a construção (SIGNIFICADO DE PALAVRAS, 2024e).

TOMO – Refere-se geralmente a uma divisão de uma obra literária, científica ou artística, frequentemente usada em publicações extensas para organizar conteúdo em partes ou volumes (DICIONÁRIO PRIBERAM DA LÍNGUA PORTUGUESA, 2024).

TURBIDEZ – A turbidez é uma medida da clareza da água que indica a presença de partículas em suspensão. Essas partículas podem incluir sujeira, argila, sedimentos, algas e matéria orgânica. A água turva pode afetar a qualidade e o sabor da água potável e também pode ter um impacto negativo nos ecossistemas aquáticos (SIGNIFICADO DE PALAVRAS, 2024f).

APÊNDICE A – LISTA DE DOCUMENTOS ESTUDADOS A NÍVEL FEDERAL (MATRIZ – PONTO 0)

Título do Documento	Data do Documento	Tipo de Documento	Referência
Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 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.	25/04/2001	Resolução CONAMA	Brasil (2001).
Resolução CONAMA nº 307, de 17 de julho de 2002 – Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.	17/07/2002	Resolução CONAMA	Brasil (2002).
Resolução CONAMA nº 330, de 25 de abril de 2003 – Institui a Câmara Técnica de Saúde, Saneamento Ambiental e Gestão de Resíduos.	25/04/2003	Resolução CONAMA	Brasil (2003).
ABNT NBR 10004:2004 – Resíduos sólidos – Classificação.	30/11/2004	Norma Brasileira	Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004a).
ABNT NBR 10005:2004 – Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos.	30/11/2004	Norma Brasileira	Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004b).
ABNT NBR 10006:2004 – Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.	30/11/2004	Norma Brasileira	Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004c).
ABNT NBR 10007:2004 – Amostragem de resíduos sólidos.	30/11/2004	Norma Brasileira	Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004d).
ABNT NBR 15112:2004 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.	30/07/2004	Norma Brasileira	Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004e).
ABNT NBR 15113:2004 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.	30/07/2004	Norma Brasileira	Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004f).
ABNT NBR 15114:2004 – Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.	30/07/2004	Norma Brasileira	Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004g).
ABNT NBR 15115:2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.	30/07/2004	Norma Brasileira	Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004h).

Título do Documento	Data do Documento	Tipo de Documento	Referência
Resolução CONAMA nº 348, de 16 de agosto de 2004 – Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.	16/08/2004	Resolução CONAMA	Brasil (2004).
Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007 – Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)	05/01/2007	Lei Federal	Brasil (2007).
Moção nº 093, de 07 de julho de 2008 - Solicita a celeridade na tramitação e aprovação do PL 1991/07 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.	07/07/2008	Moção Federal	Câmara dos Deputados (2008).
Decreto nº 7.217 de 21 de junho de 2010 - Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências.	21/06/2010	Decreto Federal	Brasil (2010a).
Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.	02/08/2010	Lei Federal	Brasil (2010b).
Resolução CONAMA nº 431, de 25 de maio de 2011 – Altera o art. 3o da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso.	25/05/2011	Resolução CONAMA	Brasil (2011).
Resolução CONAMA nº 448, de 19 de janeiro de 2012: Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA.	19/01/2012	Resolução CONAMA	Brasil (2012a).
Recomendação nº 15, de 09 de julho de 2012 – Recomenda ao Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos a aprovação da proposta do Plano Nacional de Resíduos Sólidos.	09/07/2012	Recomendação Federal	Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos (2012).
Resolução CONAMA nº 452, de 02 de julho de 2012 – Dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basiléia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito.	02/07/2012	Resolução CONAMA	Brasil (2012b).
Resolução CONAMA nº 469, de 29 de julho de 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.	29/07/2015	Resolução CONAMA	Brasil (2015).

Título do Documento	Data do Documento	Tipo de Documento	Referência
Moção nº 128, de 15 de março de 2017 – Moção de apoio à avaliação de aplicação de medidas públicas de incentivos econômicos, financeiros, fiscais e creditícios às práticas de reciclagem.	15/03/2017	Moção Federal	Câmara dos Deputados (2017).
ABNT NBR 15.116:2021 – Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaio.	24/06/2021	Norma Brasileira	Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021).
Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares	2022	Plano Nacional de Resíduos Sólidos	Brasil (2022a).
Decreto 10.936 de 12 de janeiro de 2022 - Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.	12/01/2022	Decreto Federal	Brasil (2022b).
Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022 – Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos.	13/04/2022	Decreto Federal	Brasil (2022c).

Fonte: Autor (2024).

APÊNDICE B – LISTA DE DOCUMENTOS ESTUDADOS E UTILIZADOS NA MATRIZ COMPARATIVA DE MODELOS DE GESTÃO DE RCC (MATRIZ - ESTADOS)

Título do Documento	Data do Documento	Estado de Origem	Referência
Lei nº 416 de 14 de janeiro de 2004	14/01/2004	RR	Roraima (2004).
Plano Estadual de Resíduos Sólidos Pernambuco	07/2012	PE	Governo do Estado de Pernambuco (2012).
Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro - Relatório Síntese	10/2013	RJ	Governo do Estado do Rio de Janeiro (2013).
Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Estado do Pará (PEGIRS) - Relatório Síntese - Volume II	06/2014	PA	Governo do Estado do Pará (2014).
PERS-RS Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul	12/2014	RS	Governo do Estado do Rio Grande do Sul (2014).
Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Sergipe	29/12/2014	SE	Governo do Estado de Sergipe (2014).
Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado da Paraíba	2014	PB	Governo do Estado da Paraíba (2014).
Plano Estadual de Resíduos Sólidos – Ceará	2015	CE	Governo do Estado do Ceará (2015).
Lei nº 7.749, de 13 de outubro de 2015	13/10/2015	AL	Alagoas (2015).
Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Goiás	2017	GO	Governo do Estado de Goiás (2017).
Lei nº 4457 de 12 de abril de 2017	12/04/2017	AM	Amazonas (2017).
Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Tocantins	05/2017	TO	Governo do Estado do Tocantins (2017).
Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	03/2018	DF	Governo do Distrito Federal (2018).

Título do Documento	Data do Documento	Estado de Origem	Referência
Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná	08/2018	PR	Governo do Estado do Paraná (2018).
Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Espírito Santo	2019	ES	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Governo do Estado do Espírito Santo (2019).
Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo 2020	2020	SP	São Paulo (2020).
Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Rondônia	06/2020	RO	Governo do Estado de Rondônia (2020).
Lei nº 20.607 - 10 de junho de 2021 (Estado do Paraná)	10/06/2021	PR	Paraná (2021).
Plano Estadual de Resíduos Sólidos - PERS-MT - Tomo I	2022	MT	Modesto Filho, Lima e Silva (2022).

Fonte: Autor (2024).

APÊNDICE C – LISTA DE DOCUMENTOS ESTUDADOS E UTILIZADOS NA MATRIZ COMPARATIVA DE MODELOS DE GESTÃO DE RCC (MATRIZ - MUNICÍPIOS)

Título Do Documento	Data do Documento	Município de Origem	Referência
Lei nº 4653 de 21 de agosto de 2006 – Prefeitura de São Luís	21/08/2006	São Luís – MA	São Luís (2006).
Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PGIRS - Município de Campinas	08/2012	Campinas – SP	Prefeitura Municipal de Campinas (2012).
Decreto n. 11.797, de 9 de abril de 2012 - Aprova o Plano Municipal de Saneamento Básico - Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Campo Grande.	09/04/2012	Campo Grande – MS	Campo Grande (2012).
Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos de Guarulhos - PGIRS	11/2013	Guarulhos – SP	Prefeitura Municipal de Guarulhos (2013).
Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo	2014	São Paulo – SP	Prefeitura do Município de São Paulo (2014).
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Goiânia	2014	Goiânia - GO	Fral Consultoria (2014).
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Manaus (PMGIRS)	11/2015	Manaus – AM	Prefeitura Municipal de Manaus (2015).
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS da Cidade do Rio de Janeiro 2015	12/2015	Rio de Janeiro – RJ	Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (2015).
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte - Cartilha	03/2017	Belo Horizonte – MG	Prefeitura de Belo Horizonte (2017a).
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (PMGIRS - BH) - Produto 5	13/07/2017	Belo Horizonte – MG	Prefeitura de Belo Horizonte (2017b).
Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Curitiba - Volume IV	11/2017	Curitiba – PR	Prefeitura Municipal de Curitiba (2017).
Lei nº 9.656 de 30 de dezembro de 2020 (Belém - PA)	30/12/2020	Belém – PA	Belém (2020).
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS da Cidade do Rio de Janeiro 2021	07/2021	Rio de Janeiro – RJ	Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (2021).

Fonte: Autor (2024).

APÊNDICE D – LISTA DE DOCUMENTOS ESTUDADOS E UTILIZADOS NA MATRIZ COMPARATIVA DE MODELOS DE GESTÃO DE RCC (MATRIZ - INTERNACIONAL)

Título do Documento	Data do Documento	País/Região de Origem	Referência
<i>Waste Management in Tokyo</i>	Sem data	Tóquio – Japão	<i>Tokyo Metropolitan Government</i> ([s.d.]).
<i>Waste Management and Recycling in Japan</i>	06/2004	Japão	<i>Ministry of the Environment Government of Japan</i> (2004).
<i>EPA - RCRA in Focus - Construction Demolition and Renovation</i>	09/2004	Estados Unidos	<i>United States Environmental Protection Agency</i> (2004).
<i>Federal Leadership in High Performance and Sustainable Buildings - Memorandum of Understanding</i>	24/01/2006	Estados Unidos	<i>Environmental Protection Agency</i> (2006).
<i>High Performance and Sustainable Buildings Guidance Final 12.01.08</i>	12/01/2008	Estados Unidos	<i>Whole Building Design Guide</i> (2008).
Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de novembro de 2008	19/11/2008	Europa	União Europeia (2008).
<i>Construction & Demolition Waste Management Region 8 Sustainability & Environmental Management System</i>	15/05/2012	Estados Unidos	<i>General Services Administration</i> (2012).
<i>Construction Waste Management Plan (CWMP)</i>	07/2012	Canadá	<i>Exhibition Place</i> (2012).

Título do Documento	Data do Documento	País/Região de Origem	Referência
<i>Information Note South Korea's waste management policies</i>	03/2013	Coreia do Sul	<i>Legislative Council Secretariat - Research Office (2013).</i>
<i>Screening template for Construction and Demolition Waste management in Italy V2 – October 2015</i>	10/2015	Itália	Deloitte (2015).
<i>EU Construction and Demolition Waste Management Protocol</i>	09/2016	Europa	Comissão Europeia (2016a).
<i>EU Construction and Demolition Waste Management Protocol - Executive summary</i>	09/2016	Europa	Comissão Europeia (2016b).
<i>Waste Resources Management and Utilization Policies of Korea</i>	12/2016	Coreia do Sul	<i>Korea Research Institute for Human Settlements (2016).</i>
<i>Guidelines on Environmental Management of Construction & Demolition (C & D) Wastes</i>	03/2017	Índia	<i>Central Pollution Control Board (2017a).</i>
<i>Guidelines on Dust mitigation measures in handling Construction material and C&D wastes</i>	11/2017	Índia	<i>Central Pollution Control Board (2017b).</i>
<i>National Waste Policy Action Plan 2019</i>	2018	Austrália	<i>Australia (2018)</i>
<i>Ministry of Environment, Forest and Climate Change - Notification - New Delhi, the 29th March, 2016, as amended 27th March, 2018</i>	27/03/2018	Índia	<i>Ministry of Environment, Forest and Climate Change, (2018).</i>
<i>Technical Assistance Consultant's Report - Construction and Demolition Waste Management and Recycling - O1</i>	04/2018	China	<i>Asian Development Bank (2018a).</i>
<i>Technical Assistance Consultant's Report - Construction and Demolition Waste Management and Recycling – O2</i>	04/2018	China	<i>Asian Development Bank (2018b).</i>
<i>Technical Assistance Consultant's Report - Construction and Demolition Waste Management and Recycling – O3</i>	04/2018	China	<i>Asian Development Bank (2018c).</i>

Título do Documento	Data do Documento	País/Região de Origem	Referência
<i>Technical Assistance Consultant's Report - Construction and Demolition Waste Management and Recycling - O4</i>	04/2018	China	<i>Asian Development Bank (2018d).</i>
<i>Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings</i>	05/2018	Europa	<i>European Commission (2018).</i>
Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões sobre a aplicação da legislação da UE em matéria de resíduos, incluindo o relatório de alerta precoce relativo aos Estados-Membros em risco de incumprimento do objetivo para 2020 de preparação de resíduos urbanos para reutilização/reciclagem.	24/09/2018	Europa	Comissão Europeia (2018).
<i>Statutes of the Republic of Korea – Construction Waste Recycling Promotion Act</i>	16/04/2019	Coreia do Sul	<i>Statutes of the Republic of Korea (2019).</i>
<i>National Waste Management Plan 2017 – 2029 (first revised version). NWMP3 Section A: General policy framework.</i>	19/07/2019	Holanda	<i>Ministry of Infrastructure and Water Management (2019a).</i>
<i>National Waste Management Plan 2017 – 2029 (first change). NWMP3 Part A: General policy framework.</i>	19/07/2019	Holanda	<i>Ministry of Infrastructure and Water Management (2019b).</i>
<i>Country profile - Overview of national waste prevention programmes in Europe - Spain 2021</i>	2021	Espanha	<i>European Environment Agency (2021).</i>
<i>Waste Management Plan for England - January 2021</i>	01/2021	Inglaterra	<i>Department for Environment, Food and Rural Affairs (2021).</i>
Lei Antidesperdício e de Economia Circular da França: eliminando desperdícios e promovendo a inclusão social	08/2021	França	Ellen Macarthur Foundation (2021).
<i>National Waste Policy Action Plan – Annexure 2022</i>	2022	Austrália	<i>Australia (2022).</i>
<i>Waste Management in Pakistan - Status Best Practices Recommendations</i>	2022	Paquistão	Shafique e Clark (2022).

Título do Documento	Data do Documento	País/Região de Origem	Referência
<i>Solid Waste Management Sector in Pakistan - A Reform Road Map for Policy Makers March 2022</i>	03/2022	Paquistão	<i>Asian Development Bank (2022).</i>
<i>An official website of the United States government - GSA - Construction and Demolition Waste</i>	Sem data	Estados Unidos	<i>General Services Administration ([s.d.]</i>

Fonte: Autor (2024).

APÊNDICE E – LISTA DE DOCUMENTOS ESTUDADOS E UTILIZADOS NA MATRIZ COMPARATIVA DE MODELOS DE GESTÃO DE RCC (MATRIZ - RBS)

Título do Documento	Data do Documento	País/Região de Estudo	Referência
<i>Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization</i>	26/02/2017	Não se aplica ¹	Won e Cheng (2017).
Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões	04/04/2017	Brasil	Pereira, Curi e Curi (2017a).
Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: parte II – uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões: aplicação do modelo	06/03/2017	Brasil	Pereira, Curi e Curi (2017b).
<i>A review of construction waste management practices on selected case studies in Ireland</i>	30/05/2017	Irlanda	Kelly e Dowd (2017).
<i>Solid construction waste management in large civil construction companies through use of specific software-case study</i>	01/06/2017	Brasil	Dalla Zana, Fernandes e Gasparine (2017).
<i>Comparative case study of the construction and demolition waste practical treatment induced by different legislations in France and Belgium (Wallonia and Flanders)</i>	23/06/2017	França e Bélgica	Mignon e Bréquel (2017).
<i>Construction and demolition waste best management practice in Europe</i>	19/04/2018	Europa	Gálvez-Martos et al. (2018)
<i>Life cycle assessment applied to circular designed construction materials</i>	02/05/2018	Itália	Zanni et al. (2018).
<i>Big data analytics to identify illegal construction waste dumping: A Hong Kong study</i>	28/10/2018	Hong Kong	Lu (2018).
<i>Green construction and construction and demolition waste management in Australia</i>	2019	Austrália	Shooshtarian et al. (2019).
<i>Improving the sustainability assessment method SBTool Urban–A critical review of construction and demolition waste (CDW) indicator</i>	2019	Portugal	Kamino, Gomes e Bragança (2019).
<i>Current and emerging construction waste management status, trends and approaches</i>	2019	Não se aplica ¹	Osmani e Villoria-Sáez (2019)

Título do Documento	Data do Documento	País/Região de Estudo	Referência
<i>An off-site snapshot methodology for estimating building construction waste composition - a case study of Hong Kong</i>	28/03/2019	Hong Kong	Wu, Yu e Poon (2019).
<i>Construction & Demolition Waste Management Practices in Construction Industry in Vadodara</i>	01/04/2019	Índia	Meckwan e Patel (2019).
<i>The circular economy in the construction and demolition waste sector—A review and an integrative model approach</i>	09/11/2019	Não se aplica ¹	Ruiz, Ramón e Domingo (2020).
<i>An assessment tool for municipal construction waste management in Brazilian municipalities</i>	25/01/2020	Brasil	Moraes <i>et al.</i> (2020).
Ferramenta de avaliação dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: parte 1	02/2020	Brasil	- Chaves, Siman e Sena (2020a).
Ferramenta de avaliação dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: parte 2	02/2020	Brasil	- Chaves, Siman e Sena (2020b).
<i>Determining the impact of construction and demolition waste reduction practices on green building projects in Gauteng province, South Africa</i>	12/03/2020	África do Sul	Aboginije, Aigbavboa e Thwala (2020).
<i>Developing efficient circularity for construction and demolition waste management in fast emerging economies: Lessons learned from Shenzhen, China</i>	26/03/2020	China	Bao e Lu (2020).
<i>Key policies to the development of construction and demolition waste recycling industry in China</i>	09/04/2020	China	Li <i>et al.</i> (2020).
<i>Promoting effective construction and demolition waste management towards sustainable development: A case study of Hong Kong</i>	26/07/2020	Hong Kong	Wu, Yu e Poon (2020).
Indicadores de efetividade da gestão dos resíduos da construção civil. Estudo de caso: município de São José dos Campos/SP	01/10/2020	Brasil	Guimarães e Fiore (2020).
<i>A decision-support framework for planning construction waste recycling: A case study of Shenzhen, China</i>	09/05/2021	China	Bao e Lu (2021).
<i>Strategies to promote circular economy in the management of construction and demolition waste at the regional level: a case study in Manaus, Brazil</i>	31/08/2021	Brasil	Oliveira, Oliveira e Fonseca (2021).

Título do Documento	Data do Documento	País/Região de Estudo	Referência
Desenvolvimento de indicadores para avaliação da sustentabilidade do gerenciamento de resíduos em canteiros de obras na Cidade do Recife.	2022	Brasil	Fonsêca <i>et al.</i> (2022).
<i>An integrated trading platform for construction and demolition waste recovery in a circular economy</i>	10/01/2022	China	Wu, Xie e Hao (2022).

¹Documentos em questão não possuem seções de estudo de caso, portanto, não se aplicam a um país ou região específica de estudo.

Fonte: Autor (2024).

APÊNDICE F – LISTA DE DOCUMENTOS ESTUDADOS SOBRE CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS (MATRIZ – CERTIFICAÇÕES)

Título do Documento	Data do Documento	Tipo de Documento ou Certificação Base	Referência
Regras de Certificação AQUA-HQE™ certificado pela Fundação Vanzolini e Certivea para Edifícios em Construção (versão de março de 2014).	03/2014	AQUA-HQE™	Fundação Vanzolini (2014a).
Referencial Técnico de Certificação AQUA--HQE™ Sistema de Gestão do Empreendimento - SGE para Edifícios em Construção	07/04/2014	AQUA-HQE™	Fundação Vanzolini (2014b).
LEED v4 para Projeto e Construção de Edifícios (<i>Building Design and Construction</i>)	01/10/2014	LEED	GBC Brasil (2014a).
LEED v4 para BD+C: Nova Construção e Grandes Reformas (<i>LEED v4 for BD+C: New Construction and Major Renovation</i>) - Lista de Verificação do Projeto	01/10/2014	LEED	GBC Brasil (2014b).
<i>CASBEE for Building (New Construction) - Technical Manual (2014 Edition)</i>	2014	CASBEE	<i>Institute for Building Environment and Energy Conservation</i> (2014).
ABNT NBR 14.031 - 2015: Gestão ambiental - Avaliação de desempenho ambiental - Diretrizes	16/02/2015	Norma Brasileira	Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015).
Compreenda o LEED	2017	LEED	GBC Brasil (2017).
Guia Prático do Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício	03/08/2018	AQUA-HQE™	Fundação Vanzolini (2018).
Edifícios Não Residenciais em Construção AQUA-HQE™ Certificado por Fundação Vanzolini e Certivea Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental de Edifícios Não Residenciais em Construção	15/12/2021	AQUA-HQE™	Fundação Vanzolini (2021).
<i>iiSBE Tools Description 30Mar22</i>	30/03/2022	<i>iiSBE SBTtool</i>	<i>International Initiative for a Sustainable Built Environment</i> (2022a).
<i>SBTool_30Mar22.zip</i>	30/03/2022	<i>iiSBE SBTtool</i>	<i>International Initiative for a Sustainable Built Environment</i> (2022b).

Título do Documento	Data do Documento	Tipo de Documento ou Certificação Base	Referência
<i>LEED v4.1 Building Design and Construction Getting started guide for beta participants February 2024</i>	02/2024	<i>LEED</i>	<i>U.S. Green Building Council (2024).</i>
A Certificação AQUA-HQE™ e suas contribuições junto aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU	Sem Data	AQUA-HQE™	Fundação Vanzolini ([s.d.]).
A Certificação AQUA HQE™ e suas contribuições à consolidação do perfil ESG de uma empresa	Sem Data	AQUA-HQE™	Fundação Vanzolini ([s.d.]).
<i>Construction Science - Main Contractors, Developers, Engineers, Architects, Consultancies</i>	Sem Data	<i>BREEAM</i>	<i>BRE Group ([s.d.])</i>
<i>Green Star - Design & As Built v1.3 – List of Credits</i>	Sem Data	<i>Green Star Rating System</i>	<i>Green Building Council of Australia ([s.d.])</i>
<i>CASBEE for Building (New Construction)</i>	2024	<i>CASBEE</i>	<i>Institute for Building Environment and Energy Conservation (2024d).</i>

Fonte: Autor (2024).

ANEXO A - PARTICIPAÇÕES RELATIVAS DE ATIVIDADES ECONÔMICAS E COMPONENTES DA DESPESA ATÉ 2021

Tabela III.2- Participação percentual das classes e respectivas atividades no valor adicionado a preços básicos 2000/2005/2010-2021

Especificação	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021 ⁽¹⁾
Aropecuária	5,5	5,5	4,8	5,1	4,9	5,3	5,0	5,0	5,7	5,3	5,2	4,9	6,6	8,8
Indústria	26,7	28,5	27,4	27,2	26,0	24,9	23,8	22,5	21,2	21,1	21,8	21,8	22,5	23,6
Ind. extrativas	1,4	3,1	3,3	4,4	4,5	4,2	3,7	2,1	1,0	1,6	2,7	2,9	2,9	5,5
Ind. de transformação	15,3	17,4	15,0	13,9	12,5	12,3	12,0	12,2	12,5	12,4	12,3	12,0	12,3	12,0
Eleticidade e gás, água, esgoto, ativ. de gestão de resíduos	3,1	3,4	2,8	2,7	2,4	2,0	1,9	2,4	2,7	2,8	2,9	3,0	3,2	2,9
Construção	7,0	4,6	6,3	6,3	6,5	6,4	6,2	5,7	5,1	4,3	4,0	3,9	4,1	3,3
Serviços	67,7	66,0	67,8	67,7	69,1	69,9	71,2	72,5	73,1	73,5	73,0	73,3	70,9	67,6
Comércio	8,1	10,8	12,6	12,9	13,4	13,5	13,6	13,3	12,9	13,2	13,0	12,9	12,5	13,9
Transporte, armazenagem e correio	3,7	3,5	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	4,4	4,4	4,3	4,4	4,5	4,1	3,7
Informação e comunicação	4,3	4,6	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3	3,4	3,4	3,4	3,6	3,5
Ativ. financeiras, de seguros e serviços relacionados	6,8	7,1	6,8	6,4	6,4	6,0	6,4	7,1	7,9	7,8	7,0	7,2	6,9	5,9
Ativ. imobiliárias	12,2	9,3	8,3	8,4	8,8	9,2	9,3	9,7	9,7	9,8	9,8	9,7	9,9	9,2
Outras atividades de serviços	16,9	14,8	15,7	15,9	16,5	16,9	17,4	17,4	17,5	17,6	17,9	18,1	16,4	15,3
Adm., defesa, saúde e educação públicas e seguridade social	15,7	16,0	16,3	16,1	15,9	16,4	16,4	17,2	17,4	17,6	17,4	17,4	17,4	16,1
Valor adicionado a Preços Básicos	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Impostos sobre Produtos	16,3	17,8	17,7	17,6	17,6	17,1	16,2	16,3	15,7	16,1	17,5	16,2	15,4	17,1
PIB a Preços de Mercado	116,3	117,8	117,7	117,6	117,6	117,1	116,2	116,3	115,7	116,1	117,5	116,2	115,4	117,1

Fonte: IBGE (2022).