



Universidade de Brasília – Centro de Desenvolvimento Sustentável  
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável  
Mestrado Acadêmico

Niele Piovan Fernandes Pires

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA DE GESTÃO DOS  
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO DISTRITO FEDERAL**

Brasília, fevereiro de 2023.

**Niele Piován Fernandes Pires**

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA DE GESTÃO DOS  
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO DISTRITO FEDERAL**

Dissertação de mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília como requisito necessário para a obtenção do grau de mestre em Desenvolvimento Sustentável. Área de Concentração: Política e Gestão da Sustentabilidade.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti.

Brasília, fevereiro de 2023.

**Niele Piovan Fernandes Pires**

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA DE GESTÃO DOS  
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO DISTRITO FEDERAL**

Dissertação de mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília como requisito necessário para a obtenção do grau de mestre em Desenvolvimento Sustentável. Área de Concentração: Política e Gestão da Sustentabilidade.

Aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

---

Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti (Orientadora)

---

Mauro Guilherme Maidana Cappellaro (CDS/UnB)

---

Christian Luiz da Silva (UTFPR)

---

Paulo Celso dos Reis Gomes – Suplente (FT/UnB)

Brasília, fevereiro de 2023.

## AGRADECIMENTOS

Não há felicidade sem que esta seja compartilhada.

Acredito que trilhar o caminho seja muito mais valioso do que somente alcançar um resultado, pois é pelo percurso que se constrói a memória, criamos perseverança e nos conduzimos à alegria da realização – do percurso em si, repleto de adversidades e conquistas, assim como os dias de tempestade, arco-íris e sol pleno. Aprender a valorizar o percurso é a grande realização.

A vida não pausa enquanto a gente busca atingir os nossos objetivos específicos. Diante do desafio de se conciliar todos os papéis e responsabilidades, poder contar com uma rede de apoio firme é um grande privilégio. E eu tenho a sorte de estar cercada de pessoas incentivadoras e apoiadoras com quem posso contar. Por isso, agradeço à minha família e aos amigos que não me deixaram desanimar, que me apoiaram de diversas formas e que sempre expressaram sua confiança na minha capacidade e nos meus ideais.

Agradeço ao meu pai, grande exemplo de perseverança, disciplina e fidelidade à profissão. À minha mãe, referência maior de amor, acolhimento e de união. À minha irmã, que me inspira a cuidar dos sentimentos mais difíceis, trazendo luz aos dias mais escuros.

Ao Daniel e à Marta, que me ajudaram a cuidar com tanto amor do meu maior projeto, enquanto eu me dedicava a este aqui.

À minha Anna, que, sem saber, tanto me inspirou e renovou minhas energias nos momentos em que eu mais duvidei de mim mesma. Este trabalho é por nós.

Aos amigos Hellen e Gabriel, que tanto me apoiaram. Pela gentileza e pelo tempo que doaram às conversas, às leituras e às contribuições ao meu trabalho.

Ao Fábio, pelas palavras de incentivo e pela jornada, que me fizeram perceber a força e a resiliência que me integram.

À minha orientadora Professora Izabel Zanetti, pelo acolhimento, pela inspiração ao compartilhar sua história e experiência, pela compreensão e condução nesse processo de aprendizagem e pesquisa.

Ao CDS e à Universidade de Brasília pela oportunidade de aprender e de me instrumentalizar para retribuir à sociedade.

Aos colegas do Programa de Mestrado em Desenvolvimento Sustentável – Turma 2021, que tornaram essa jornada agradável e amistosa em meio à pandemia e apesar da distância imposta pelas circunstâncias.

Ao SLU e às pessoas que me receberam, Andreia, Felipe e Gustavo, por abrirem suas portas e colaborarem tanto com a realização desta pesquisa.

Aos servidores da SEMA e do DF LEGAL, pela disponibilidade e interesse na contribuição ao meu trabalho.

Por fim, à natureza, majestosa pela sua existência, fonte de sabedoria máxima, nossa origem e destino.

Minha imensa gratidão.



CENTRO DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL



Universidade de Brasília

## DEDICATÓRIA

À sociedade brasileira, aos meus colegas arquitetos e urbanistas e ao nosso futuro sustentável.

## RESUMO

Os resíduos da construção civil (RCC) são parte dos mais críticos resíduos gerados na sociedade e figuram entre os principais desafios urbanos. Apesar disso, o setor da construção civil é o que mais apresenta possibilidades de recuperação de resíduos. No Distrito Federal (DF), o contingente de RCC representa aproximadamente 60% a 65% de todo resíduo gerado. A avaliação da performance da gestão de RCC (GRCC) é importante para o desenvolvimento de sistemas de gestão eficientes e, pela abordagem da hierarquia da gestão de resíduos – redução, reuso e reciclagem (3Rs) –, esta pesquisa quanti-qualitativa tem por objetivo avaliar a sustentabilidade da GRCC no DF. Com base em estudos anteriores e no modelo de Besen *et al.* (2012), foi proposta adaptação e modelo piloto aplicável à avaliação da sustentabilidade de GRCC municipais. A partir da sua aplicação ao caso do DF, buscou-se avaliar a sustentabilidade da GRCC realizada, além de investigar e compreender o papel e o potencial de influência dos grandes geradores de resíduos na redução da geração de RCC e na sustentabilidade da GRCC. O estudo de caso partiu da análise das Taxas de Geração (TG-RCC), de Desvio (TD-RCC), de Aterramento (TA-RCC), das entrevistas conduzidas junto aos órgãos do governo responsáveis pela GRCC no DF, bem como junto a grandes geradores para avaliar o papel destes na cadeia da GRCC. Os resultados revelam a tendência desfavorável à sustentabilidade da atual GRCC, permitem simular cenários e discutir decisões estratégicas e seus possíveis resultados, de modo a avaliar como mudanças nos processos da GRCC impactam em sua sustentabilidade. Conclui-se que os pontos que mais necessitam de atenção e ações prioritárias para a melhoria da GRCC no DF são (1) a segregação dos RCC nos canteiros de obra; (2) a disposição irregular, que ainda representa cerca de 40% do total de RCC coletado no DF, sendo um contingente direcionado à destinação final, sem tratamento intermediário; e (3) ações estratégicas direcionadas à recuperação de resíduos, de modo a aumentar as TD-RCC e reduzir as TA-RCC. Por fim, são feitas considerações e sugestões que podem auxiliar na tomada de decisão por parte dos agentes públicos responsáveis pela GRCC no DF.

Palavras-chave: Gestão de resíduos; Resíduos da construção civil; Sustentabilidade; Avaliação da sustentabilidade; Grandes geradores.

## ABSTRACT

*Construction and demolition waste (CDW) is one of the most critical waste generated in society in current days and represent one of the biggest urban challenges. Nonetheless, civil construction is the sector that potentially presents most possibilities for recovering and incorporating waste into new materials. In the Federal District of Brazil, the percentage of CDW represents 60% to 65% of all generated waste in weight. CDW management (CDWM) performance is an important asset for the development of efficient CDWM. Therefore, the aim of this study is to assess the current CDWM sustainability in the Brazilian Federal District through CDWM hierarchy perspective – reduction, reuse and recycling (3Rs) – and to investigate the potential influence of CDW source in reducing CDW generation as well as in the CDWM sustainability. In order to achieve this aim, a pilot model for assessing municipal CDWM has been proposed based on previous studies and on the model designed by (Besen et al., 2012), which creates quantitative indicators and sustainability index calculator. This case study is based on sustainability index results and on analysis of generation, diversion, landfilling and illegal dumping rates, in addition to interviews conducted along with governmental and construction actors, in order to evaluate their responsibility towards the CDWM system implemented. Results reveal the sustainability trend of current CDWM in the Federal District, allow to simulate scenarios and discuss strategic decision outcomes in order to evaluate how specific changes in the processes impact on CDWM sustainability. Results also demonstrate that the processes that most require attention and priority actions to be taken for improvements in the local CDWM – with the reduction of generation and landfilling rates and the increase in the diversion rate – are (1) the segregation of CDW at construction sites; (2) strategic measures for restraining illegal dumping, which still represents about 40% of the total CDW locally collected, that are directly destined to landfilling, without intermediate treatment; and (3) strategic actions towards CDW diversion, in order to increase diversion rates and decrease landfilling rates. Finally, due considerations and suggestions may help in the decision-making by public and private agents responsible for CDWM in the Brazilian Federal District.*

*Keywords: Waste management; Construction and demolition waste; Sustainability; Sustainability assessment; Constructors.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Processo de pesquisa aplicado neste estudo.....	15
Figura 2. Método de cinco passos para avaliação da performance de GRCC. ....	20
Figura 3. Origens e destino do RCC no DF .....	28
Figura 4. Estrutura da pesquisa realizada por HUANG <i>et al.</i> ....	40
Figura 5. Radar da Sustentabilidade .....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Legislação aplicável a RCC .....	30
Tabela 2. Síntese dos perfis entrevistados.....	36
Tabela 3. Sumário das cidades solicitadas para a coleta de dados .....	48
Tabela 4. Consolidação dos dados a partir do <i>benckmarking</i> da GRCC – Etapa 1 .....	50
Tabela 5. Consolidação dos dados a partir do <i>benchmarking</i> da GRCC – Etapas 2 e 3. ....	51

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Resumo revisão de literatura.....	23
Quadro 2. Relação entre métodos e objetivos.....	35
Quadro 3. Etapas da coleta de dados .....	39
Quadro 4. Critérios de avaliação da GRCC, processos, hierarquia e dimensões da sustentabilidade abrangidos .....	43
Quadro 5. Matriz de indicadores de sustentabilidade aplicados à GRCC .....	52



## LISTA DE ABREVIações

<b>ADASA</b>	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico
<b>ATTR</b>	Área de Transbordo e Triagem
<b>CDW</b>	<i>Construction and demolition waste</i>
<b>CDWM</b>	<i>Construction and demolition waste management</i>
<b>CORC/DF</b>	Comitê Gestor de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos do Distrito Federal
<b>CTR</b>	Controle de Transporte de Resíduos
<b>DF</b>	Distrito Federal
<b>DF LEGAL</b>	Secretaria de Estado de Proteção da Ordem Urbanística do Distrito Federal
<b>E-SIC</b>	Sistema Eletrônico do Serviço de Informações ao Cidadão
<b>FIBRA</b>	Federação das Indústrias do Distrito Federal
<b>GRCC</b>	Gestão de Resíduos da Construção Civil
<b>LAI</b>	Lei de Acesso à Informação
<b>ODS</b>	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>PEV</b>	Ponto de Entrega Voluntária
<b>PDGIRS</b>	Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
<b>PGRCC</b>	Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil
<b>PIGRCC</b>	Plano Integrado de Gerenciamento de Gestão de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos no Distrito Federal
<b>PNRS</b>	Política Nacional de Resíduos Sólidos
<b>RCC</b>	Resíduos da Construção Civil
<b>RSU</b>	Resíduos sólidos urbanos
<b>SEMA</b>	Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Distrito Federal
<b>SINESP</b>	Secretaria de Estado de Obras e infraestrutura do Distrito Federal
<b>SLU</b>	Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal
<b>TA-RCC</b>	Taxa de Aterramento de Resíduos da Construção Civil
<b>TD-RCC</b>	Taxa de Desvio de Resíduos da Construção Civil
<b>TDI-RCC</b>	Taxa de Disposição Irregular de Resíduos da Construção Civil
<b>TG-RCC</b>	Taxa de Geração de Resíduos da Construção Civil



<b>TGG</b>	Taxa de RCC dos Grandes Geradores
<b>URE</b>	Unidade de Recebimento de Entulhos
<b>3Rs</b>	Redução, reuso e reciclagem

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	12
1. PROCESSO DE PESQUISA E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	14
2. OBJETIVOS .....	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. JUSTIFICATIVA .....	16
4. REFERENCIAL TEÓRICO .....	18
4.1 <i>Avaliação de sustentabilidade em gestão de RCC (GRCC)</i> .....	18
4.2 <i>Indicadores em GRCC</i> .....	20
4.3 <i>Hierarquia 3Rs</i> .....	22
4.4 <i>Estudos da GRCC no Brasil</i> .....	22
4.5 <i>Contexto da disposição dos RCC no Distrito Federal</i> .....	27
4.6 <i>Políticas públicas relacionadas a RCC aplicáveis ao Distrito Federal</i> .....	29
4.7 <i>A PNRS, o PIGRCC e a GRCC do Distrito Federal</i> .....	31
5. METODOLOGIA.....	33
5.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	33
5.2 ESTUDO DE CASO.....	33
5.3 INSTRUMENTOS DE PESQUISA – COLETA DE DADOS.....	34
5.3.1 ENTREVISTAS.....	35
5.3.2 PESQUISA DOCUMENTAL .....	38
5.3.3 VISITAS A CAMPO .....	38
5.4 SELEÇÃO DE MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA GRCC .....	39
5.5 SELEÇÃO DE CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO .....	41
5.6 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE.....	44
6. LIMITES DA PESQUISA .....	53

7. ARTIGO I – AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO DISTRITO FEDERAL.....	54
Resumo .....	54
Abstract .....	54
Introdução.....	55
1. Seleção de metodologia para avaliação da sustentabilidade da GRCC.....	57
1.1. Seleção de métodos.....	57
1.2. Seleção de critérios.....	57
1.3. Seleção de indicadores.....	59
2. O Distrito Federal e a GRCC .....	60
3. Procedimentos metodológicos.....	61
4. Limitações da pesquisa .....	70
5. Resultados.....	70
6. Discussão .....	72
6.1. Florianópolis.....	73
6.2. Belo Horizonte.....	73
6.3. Salvador, Fortaleza e Recife .....	74
6.4. Distrito Federal.....	74
7. Conclusão.....	76
8. ARTIGO II – O POTENCIAL DE INFLUÊNCIA DOS GRANDES GERADORES DE RESÍDUOS NA SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	78
Resumo .....	78
Abstract .....	78
1. Introdução.....	79
2. Legislação pertinente e a gestão de RCC atual no Distrito Federal .....	81
2.1. Legislação federal e distrital.....	81
2.2. O fluxo do RCC no Distrito Federal.....	83

3. Procedimentos metodológicos.....	84
4. Limitações da pesquisa .....	87
5. Resultados.....	87
6. Discussão .....	95
6.1. <i>Taxas de Geração (TG), de Desvio (TD) e de Aterramento (TA) de RCC</i>	95
6.2. <i>Disposição irregular</i> .....	97
6.3. <i>Atitudes dos grandes geradores frente aos 3Rs</i> .....	97
7. Conclusão.....	99
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	102
REFERÊNCIAS .....	104
APÊNDICE I – Roteiros das entrevistas semiestruturadas.....	111
APÊNDICE II – Respostas aos questionários – Perfil E.G. – Geradores de RCC..	116
APÊNDICE III – Solicitação padrão ao Portal da Transparência (e-SIC) – Etapa <i>benchmarking</i> .....	124

## INTRODUÇÃO

O conceito de sustentabilidade definido pelo “Relatório Brundtland” – realizado pela Comissão para o Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas (ONU) em 1987, onde o desenvolvimento sustentável é considerado como o desenvolvimento no qual as necessidades da sociedade atual são supridas sem prejudicar a capacidade das gerações futuras serem atendidas (Brundtland, 1987) –, tem sido considerado princípio fundamental para a elaboração de políticas ambientais e pesquisas relacionadas à gestão de resíduos sólidos (LU e YUAN, 2011; KABIRIFAR *et al.*, 2020a). O conceito de gestão integrada dos resíduos sólidos pela ênfase na redução da geração, ao reaproveitamento e à reciclagem tem sido priorizado em escala global, tanto nos países ricos quanto nos mais pobres, como importante estratégia para a gestão de RCC (BESEN *et al.*, 2012; HUANG *et al.*, 2018; KABIRIFAR *et al.*, 2020a).

Com uma produção de mais de 65 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) por ano (SNIS, 2020), o Brasil é o maior gerador de lixo (t/ano) na América Latina e um dos cinco maiores do mundo, ao lado da China, Estados Unidos, Índia e Indonésia (D-WASTE, 2022).

Em relação aos resíduos da construção civil (RCC), especificamente, são geradas mais de 10 bilhões de toneladas ao ano no mundo (KABIRIFAR *et al.*, 2021a). A China é o maior gerador, com uma taxa superior a 2,3 bilhões de toneladas anuais. Em comparação, os Estados Unidos produzem mais de 700 milhões t/ano, e a União Europeia, 800 milhões t/ano (ELSHABOURY *et al.*, 2022; KABIRIFAR *et al.*, 2020a). Diante desse cenário global, o Brasil apresenta uma taxa aproximada a 96 milhões de toneladas de RCC gerados anualmente (GUIMARÃES e FIORE, 2020). O Distrito Federal, por sua vez, gera cerca de 1,5 milhões de toneladas por ano, dos quais cerca de 80% são aterrados na Unidade de Recebimento de Entulhos do Distrito Federal (URE), em funcionamento desde 2018 (SLU, 2018; 2019; 2020; 2021; 2022).

No Brasil, os RCC definem-se como os resíduos provenientes das construções, reformas, reparos e demolições de obras da construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (CONAMA, 2002; BRASIL, 2010b; GDF, 2013). Ressalta-se que, no Distrito Federal, os RCC são tratados junto dos resíduos inertes volumosos e restos de podas.

Os impactos globais dos resíduos sólidos vêm se agravando junto à expansão da urbanização, a qual intensifica a geração de RCC em decorrência de construções, reformas, ampliações, obras de infraestrutura, manutenção etc. (ASLAM *et al.*, 2020). Na escala local, os resíduos não coletados contribuem para a deterioração do solo e de corpos hídricos, a ocorrência de enchentes em áreas urbanas, poluição do ar, e outros impactos na saúde pública, tal como a disseminação de doenças e vetores (LU e YUAN, 2011; YUAN, 2013; KABIRIFAR *et al.*, 2021a; GUIMARÃES e FIORE, 2020; PAZ *et al.*, 2020). Em 2020, o correspondente a cerca de 40% dos RCC aterrados naquele ano, no Distrito Federal, foi despejado irregularmente em áreas não destinadas ao aterramento e/ou tratamento de resíduos (SLU, 2020).

Muitos estudos confirmam a importância da gestão de RCC (GRCC) como uma abordagem eficaz para a minimização da geração de resíduos, a maximização do desvio da taxa de aterramentos e a compreensão da complexidade dos impactos socioeconômicos e ambientais decorrentes da GRCC (LU e YUAN, 2011; WANG *et al.*, 2018; WU *et al.*, 2019; TAELMAN *et al.*, 2020).

Este cenário demonstra a importância de haver coleta e destinação final dos resíduos sólidos ambientalmente adequadas, com o intuito de mitigar os impactos ambientais da geração de resíduos. Além disso, a possibilidade da recuperação e da reutilização dos resíduos é considerada premissa na GRCC (BRASIL, 2010b). Com isso, é possível contribuir para a economia circular e possibilitar a preservação de áreas para aterros, a geração de empregos e renda, a diminuição da extração de matérias-primas etc., gerando benefícios socioeconômicos e ambientais.

Diante dessas considerações e da implantação da GRCC no Distrito Federal (DF) ter ocorrido somente em 2018, este estudo pretende suprir a falta de informações sobre o tema e o caso em estudo, uma vez que a gestão de resíduos sólidos é uma das questões prioritárias para a sustentabilidade urbana (SILVA *et al.*, 2017), e que os RCC são parte significativa da totalidade de resíduos gerados.

Nesta pesquisa, portanto, a GRCC foi considerada como o conjunto de ações e medidas tomadas para o manejo, tratamento e destinação final dos RCC, desde a sua geração, e foi avaliada pela abordagem da hierarquia de gestão de resíduos (3Rs), direcionada aos incentivos de redução de geração, reuso e reciclagem de RCC (BESEN *et al.*, 2012; HUANG *et al.*, 2018; KABIRIFAR *et al.*, 2020a).

## 1. PROCESSO DE PESQUISA E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A pesquisa se inicia com a definição do problema estudado por meio da revisão de literatura abrangente relacionando a GRCC com métodos de avaliação de sustentabilidade. A Figura 1 representa o processo de pesquisa aplicado neste estudo, o qual foi adaptado do método definido por Wu *et al.* (2019) para avaliação da performance de GRCC.

A dissertação segue um formato baseado na elaboração de artigos, ao apresentar e detalhar os processos da pesquisa em dois artigos distintos que serão submetidos a publicação em revistas acadêmicas.

Adicionalmente à introdução, esta dissertação foi organizada em oito capítulos:

- Capítulo 2 (Objetivos) apresenta os objetivos da pesquisa, abordando seu objetivo geral e seus objetivos específicos.
- Capítulo 3 (Justificativa) aborda as questões que tornam relevante o campo de estudo da GRCC e expõe os motivos que levaram à escolha do tema.
- Capítulo 4 (Referencial Teórico) apresenta a revisão de literatura realizada sobre a temática da GRCC e contextualiza o tema dentro do escopo definido.
- Capítulo 5 (Metodologia) explicita o modo como a pesquisa foi conduzida, dando ênfase à natureza da pesquisa, bem como aos instrumentos utilizados para sua realização.
- Capítulo 6 (Limites da Pesquisa) enfatiza a definição do escopo do trabalho em vista de avaliação que a pesquisa propõe.
- Capítulo 7 (Artigo I) trata da avaliação da sustentabilidade da GRCC no Distrito Federal propriamente dita, por meio da proposição de um modelo piloto.
- Capítulo 8 (Artigo II) dá enfoque à etapa da GRCC identificada como a mais crítica dentre os processos da GRCC.
- Capítulo 9 (Considerações Finais) sintetiza os dois artigos e demonstra como a pesquisa respondeu sua pergunta e atendeu aos objetivos definidos. Este capítulo descreve as contribuições do trabalho, bem como propõe direções futuras com base nas suas limitações.



**Figura 1.** Processo de pesquisa aplicado neste estudo.

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

## 2. OBJETIVOS

Considerando a implantação tardia da GRCC no Distrito Federal (DF) em relação às disposições da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), vigente desde 2010, busca-se compreender os motivos da morosidade das ações do poder público do DF em relação à GRCC e o cenário da sustentabilidade da GRCC praticada atualmente no DF, uma vez que o desenvolvimento sustentável é premissa da PNRS. Diante disso, tem-se como principal pergunta se a GRCC no DF é sustentável.

### 2.1 OBJETIVO GERAL

A presente pesquisa tem o objetivo de avaliar a sustentabilidade do sistema de GRCC do DF, a partir de 2018, pela abordagem da hierarquia 3Rs e compreender se ela reflete as políticas de resíduos sólidos existentes no Distrito Federal e no Brasil.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Constituem-se objetivos específicos desta pesquisa:

- (i) Identificar o histórico da experiência da GRCC no DF, por meio de dados referentes a geração, coleta e geradores de RCC a partir de 2018, e das políticas públicas referentes a RCC em nível distrital e federal;
- (ii) Identificar indicadores de sustentabilidade para a GRCC e elaborar instrumento de avaliação da gestão sustentável de RCC, a partir de indicadores baseados em dados facilmente disponíveis, tornando o instrumento facilmente replicável;
- (iii) Investigar o nível de implementação e influência da PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos) referente à hierarquia 3Rs no sistema de GRCC no DF e as dificuldades enfrentadas pelo Poder Público na GRCC no DF sob a ótica da hierarquia 3Rs.

## 3. JUSTIFICATIVA

A problemática dos resíduos sólidos possui profunda relação com o desenvolvimento urbano e socioeconômico no mundo (BLUMENSCHHEIN, 2004; KABIRIFAR *et al.*, 2020a). O crescimento e a consolidação das zonas urbanas e a

tendência de fortalecimento econômico nos países, principalmente de baixa e média-baixa renda, trazem consigo uma perspectiva de aumento substancial na geração de resíduos sólidos. Em 2012, esperava-se que o volume de resíduos sólidos gerados mais do que dobrasse até 2022, considerando a escala global (HOORNWEG *et al.*, 2012).

Em 2018, a expansão urbana atingiu o índice de 55% de urbanização em nível global. No Brasil, país com a maior população da América Latina, cerca de 87% de sua população vivia em áreas urbanas no mesmo ano. Estimativas sugerem que, em 2050, o Brasil poderá alcançar o índice de mais de 90% de população urbana (ONU, 2019).

A questão se intensifica pela grande quantidade e volume dos RCC gerados em decorrência da urbanização, pois podem compor de 50% a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos (RSU) nas cidades brasileiras de grande porte (GDF, 2013; JACOBI e BESEN, 2011). No Distrito Federal, em 2021 e 2022, foram aterradas mais de 1 milhão de toneladas de RCC (SLU, 2021; 2022). Esse total corresponde a cerca de 60% do total de resíduos sólidos urbanos coletados no DF nestes anos.

Em razão dos potenciais impactos sociais, econômicos e ambientais, os RCC devem ser eficazmente gerenciados, de modo a promover benefícios ambientais e socioeconômicos para a indústria da construção civil (WANG *et al.*, 2019). Nesse sentido, a abordagem pela hierarquia da GRCC (3Rs) é adequada, por ser considerada premissa pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em vigência desde 2010, e por autores proeminentes da literatura sobre GRCC (BRASIL, 2010b; LU e YUAN, 2011; HUANG *et al.*, 2018; KABIRIFAR *et al.*, 2020a).

No Distrito Federal, a GRCC foi implementada em 2018, porém ainda é prática recente. Compreende-se a relevância da pesquisa, pois faltam propostas replicáveis para a avaliação da sustentabilidade da GRCC no contexto nacional e, sobretudo, no Distrito Federal. Há de se observar que sem considerarem-se os mecanismos de GRCC as deficiências associadas a ela não podem ser tratadas (KABIRIFAR *et al.*, 2020b).

Assim, esta pesquisa tem o potencial de auxiliar na elaboração e na revisão de políticas públicas e medidas de mitigação dos impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes da geração de RCC no DF. Além disso, este trabalho está alinhado à premissa política e científica dos 3Rs, estando também em consonância

com a linha de pesquisa Políticas Públicas, Cultura e Sustentabilidade do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília.

#### **4. REFERENCIAL TEÓRICO**

A revisão de literatura priorizou, inicialmente, os estudos realizados globalmente sobre GRCC e, sobretudo, os que abordam o tema da sustentabilidade em suas pesquisas. Percebeu-se que há mais iniciativas de pesquisa com enfoque no estudo de GRCC nos países de economia consolidada que enfrentam desafios com a alta geração de RCC – como é o caso da China e dos Estados Unidos, que produzem, respectivamente, 30-40% e 30% de todo RCC mundial estimado (HUANG *et al.*, 2018; ASLAM *et al.*, 2020). Além destes, Austrália, Hong Kong e Reino Unido figuram como os países mais atuantes em pesquisas sobre GRCC (ELSHABOURY *et al.*, 2022).

Em um segundo momento, buscaram-se os estudos brasileiros afiliados à avaliação de GRCC pelo viés da sustentabilidade. Entretanto, foram obtidos poucos resultados, evidenciando uma vasta lacuna de pesquisa sobre o tema no contexto brasileiro. Desse modo, este trabalho dialoga com autores que estudam contextos de alta geração de resíduos, cujas pesquisas representam o estado da arte sobre GRCC. Os resultados selecionados na revisão realizada nos periódicos disponíveis na plataforma da Capes são discutidos nos seguintes tópicos centrais relacionados ao escopo deste trabalho.

##### **4.1 Avaliação de sustentabilidade em gestão de RCC (GRCC)**

A avaliação da performance de sistemas de GRCC é um aspecto importante para o desenvolvimento de sistemas de gestão robustos (WU *et al.*, 2019; KABIRIFAR *et al.*, 2020a) e vem ganhando diversas iniciativas de pesquisa devido ao aumento das taxas de geração e aterramento de RCC (KABIRIFAR *et al.*, 2021a). No entanto, a definição e aplicação de um método de medição da sustentabilidade que seja abrangente para avaliar sistemas de gestão de resíduos ainda é um trabalho em desenvolvimento. A metodologia para o cálculo de indicadores de impacto e de sustentabilidade é uma das maiores dificuldades encontradas para a proposição de métodos de avaliação de sustentabilidade.

Segundo Taelman *et al.* (2020), grande parte dos estudos que propõem métodos de avaliação acabam focando em algum aspecto/fator, em detrimento de outros. Em contraposição, alguns estudos são muito genéricos, não abordando indicadores de impacto. Diante disso, entende-se que diversos estudos foram conduzidos a partir de diferentes perspectivas, apesar de nenhum ter proporcionado uma revisão profunda de métodos, modelos e resultados apresentados na literatura relacionada. Junto ao conceito de sustentabilidade, os impactos sociais e ambientais se destacam na avaliação da GRCC (MARZOUK *et al.*, 2014; WU *et al.*, 2019).

Alguns estudos (PAES *et al.*, 2019; ROSADO *et al.*, 2019; 2020; WANG *et al.* 2019; ASLAM *et al.*, 2020; SILVA V. *et al.*, 2021) investigaram os impactos relacionados às estratégias de GRCC por meio da metodologia de avaliação de ciclo de vida. Dentre os estudos mais abrangentes, destaca-se o realizado por Wu *et al.* (2019), cuja revisão de métodos de avaliação da performance de GRCC compreendeu trinta e seis artigos relacionados à avaliação de GRCC e identificou três linhas de métodos de avaliação principais baseados em sustentabilidade, na concepção de sistema e na concepção de ciclo de vida. Com base nos resultados, os autores propuseram um método de cinco passos para avaliar a performance de GRCC (Figura 2).

Figura 2. Método de cinco passos para avaliação da performance de GRCC.

Definir objetivo e escopo da pesquisa	
Fase 1	<b>Qual é o limite do sistema?</b> - Certos materiais ou todos os tipos de RCC.
	<b>Quais atividades da GRCC serão consideradas no sistema?</b> - Atividades específicas da GRCC ou o ciclo como um todo.
	<b>Qual escala será avaliada?</b> - Em nível de projeto, municipal ou nacional.
	<b>Quais aspectos da performance serão consideradas na pesquisa?</b> - Poderá ser um dos, ou todos do aspecto ambiental, aspecto econômico e aspecto social.
Selecionar métodos de avaliação	
Fase 2	<b>Qual modelo de avaliação será adequado à pesquisa?</b> - Poderá ser uma abordagem bem desenvolvida, como avaliação do ciclo de vida ou outros; poderá ser uma abordagem original ou uma integração de diferentes abordagens.
	<b>Quais indicadores de avaliação serão adequados à pesquisa?</b> - Poderá selecionar ou apurar um sistema de indicadores desenvolvidos associado ao método de avaliação; como também poderá desenvolver indicadores originais de acordo com as necessidades da pesquisa.
Coletar dados	
Fase 3	<b>Quais informações serão coletadas para a avaliação da performance? E como coletá-las?</b> Os dados poderão ser coletados pela revisão da literatura, entrevistas, estudo de caso ou base de dados. Normalmente, será utilizada abordagem múltipla para a coleta de dados.
Avaliar a performance	
Fase 4	<b>Qual o nível desejado de integração dos resultados?</b> - Poderão ser várias etapas envolvendo o cálculo dos indicadores, normalização e ponderação, a depender das expectativas dos pesquisadores e do público alvo.
Interpretar os resultados	
Fase 5	<b>As conclusões são adequadamente comprovadas pelos dados e pelos procedimentos utilizados?</b> - Além dos resultados dos cálculos, também é importante ilustrar a confiabilidade dos resultados.

Fonte: Wu *et al.*, 2019. Adaptado e traduzido pela autora, 2023.

WU *et al.* (2019) revelaram os principais autores, organizações e países que publicam sobre o tema, apresentando o *status* atual e futuras direções de pesquisa. Seu método de cinco passos se mostrou bastante versátil e aplicável a diferentes casos e objetivos.

## 4.2 Indicadores em GRCC

A quantificação dos impactos, por meio de indicadores, pode ser muito útil para o aprimoramento da gestão de resíduos e sua percepção em nível local, mas requer a unificação ou tradução dos indicadores selecionados em um índice, a exemplo dos índices de aquecimento global e desenvolvimento humano para expressar uma escala comum e familiar. Essa indexação é essencial para sintetizar os impactos multidimensionais de um sistema, comunicar resultados entre diferentes casos e

cenários e aprimorar a performance de sistemas de GRCC (YUAN, 2013; TAE LMAN *et al.*, 2020).

Estudos anteriores (LU *et al.*, 2011; BESEN *et al.* 2012; YUAN, 2013; GUIMARÃES e FIORE, 2020; RATNASABAPATHY *et al.*, 2020; KABIRIFAR *et al.*, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b) exploraram indicadores de efetividade de GRCC, uns de forma individual, outros de forma mais abrangente. Tais estudos compõem uma estrutura integrativa dos indicadores que podem auxiliar na avaliação de sistemas de GRCC, desde que observadas as especificidades do território de aplicação e aplicabilidade dos indicadores para cada caso. Destes, destaca-se Yuan (2013), que identificou trinta indicadores chave que afetam a efetividade de GRCC a partir de uma perspectiva holística, considerando todos os aspectos da sustentabilidade, e desenvolveu estrutura integrativa de indicadores calcados nos três pilares da sustentabilidade – *triple bottom line* –, representando uma proposta abrangente de avaliação da GRCC. Segundo Elshaboury *et al.* (2022), o autor é o mais produtivo na área de GRCC, com mais citações do que quaisquer outros autores da área.

De acordo com Besen *et al.* (2011; 2012), trabalhar com índices de sustentabilidade possibilita subsidiar tomadas de decisão e políticas públicas voltadas para a coleta seletiva de resíduos sólidos, segundo o caso estudado por elas, ao avaliar e comparar o grau de sustentabilidade do tipo de coleta realizado. Com isso, os indicadores podem contribuir para redirecionar as políticas existentes, revisar ou elaborar novas legislações, bem como as práticas do setor privado. Além disso, indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos servem para avaliar e ajustar os investimentos públicos e privados na área.

As autoras (op. cit.) alertam que é consenso entre os especialistas que os indicadores devem ser simples, possíveis de serem alimentados com dados disponíveis e permitir uma rápida avaliação. Ainda, deve-se considerar que a sustentabilidade de um programa de gestão, considerando suas várias dimensões, não é facilmente mensurável (BESEN *et al.*, 2012; KABIRIFAR *et al.*, 2021a). No entanto, essas medições são indispensáveis para operacionalizar o conceito de desenvolvimento sustentável, assim como o desenvolvimento de pesquisas na área.

### **4.3 Hierarquia 3Rs**

De acordo com os estudos mais influentes, uma das abordagens principais e mais recorrentes na GRCC é o princípio dos 3Rs – redução > reuso > reciclagem –, também conhecido como hierarquia da GRCC e princípio da economia circular, que tem grande impacto na eficácia de GRCC (LU e YUAN, 2011; HUANG *et al.*, 2018; KABIRIFAR *et al.*, 2021a). Por isso, ele é considerado um dos fatores de contribuição para a GRCC na pesquisa de Kabirifar *et al.* (2020a) e a abordagem mais sustentável ambientalmente, segundo Huang *et al.* (2018).

Dentre as estratégias dos 3Rs, a redução de geração de resíduos é a medida ótima de gestão, pois apresenta o menor impacto ambiental e é considerada prioridade na elaboração de planos de GRCC (LU e YUAN, 2011; HUANG *et al.*, 2018). Segundo Huang *et al.* (2018), a China apresenta dificuldades de ampliação devido à falta de regulamentação para a redução de RCC, à baixa taxa de destinação de RCC em aterros e ao planejamento urbano inadequado. O reuso, por sua vez, trata-se da prática de reutilização de materiais de construção, mas encontra barreiras de expansão devido à falta de diretrizes para a correta coleta e separação de RCC, à falta de conhecimento e padrões de qualidade para o reuso de RCC e ao mercado de reuso de RCC incipiente. Por último, a reciclagem – que envolve processamento e transformação dos materiais – tem como suas principais dificuldades o sistema de GRCC ineficaz, tecnologias de reciclagem incipientes, baixa capacidade de mercado para incorporar produtos oriundos de RCC reciclado e processos de operação de RCC incipientes, que dificultam a obtenção de insumos e a manutenção das operações.

### **4.4 Estudos da GRCC no Brasil**

Diversos estudos brasileiros investigam a GRCC em diferentes municipalidades, mas poucos abordam a sustentabilidade de maneira direta ou ampla. Além da pesquisa realizada por Guimarães e Fiore (2020), Azevedo *et al.* (2006) discutiram o impacto ambiental causado pela geração de RCC e sua disposição final inadequada na cidade de Salvador, no estado da Bahia, analisando a legislação sobre o tema – anterior à implementação da PNRS – com enfoque no aspecto da redução da geração de RCC. O estudo contribui com a sugestão de medidas que têm o intuito de reduzir a geração de resíduos e os custos da GRCC.

Esguícero *et al.* (2021) definiram estrutura referencial com o propósito de modelar os processos da GRCC no Brasil, com aplicabilidade em diferentes casos, independentemente do tamanho populacional e da municipalidade. Sua aplicação possibilita a identificação dos processos da GRCC, suas deficiências e os aprimoramentos necessários para otimizar o sistema de gestão. O estudo contribuiu para identificar os processos da GRCC, o aumento da produtividade, taxas de reciclagem e melhora da qualidade dos produtos reciclados. O autor não menciona diretamente a avaliação da gestão como objetivo da proposta, mas o modelo é um instrumento que auxilia na avaliação da GRCC, uma vez que investiga e coleta de dados sobre todas as etapas da GRCC.

Medeiros *et al.* (2016) realizaram estudo de caso no município de Macaé, no estado do Rio de Janeiro, para avaliar as iniciativas da GRCC, enquanto Meira *et al.* (2007) propuseram modelo para GRCC em João Pessoa, baseado na Resolução n. 307/2002 do CONAMA, anterior à PNRS, e fundamentado em indicadores capazes de auxiliar a análise do desempenho do sistema de gestão, ponderados em função da relevância de cada um no sistema. Silva *et al.* (2006) investigaram as práticas da GRCC em Belo Horizonte (BH), no estado de Minas Gerais, com foco no arranjo institucional de BH, nos benefícios econômicos, sociais e ambientais, bem como nas dificuldades relacionadas à implementação das políticas e práticas.

O Quadro 5 apresenta de forma resumida a revisão de literatura, onde destacam-se os estudos que nortearam esta pesquisa:

**Quadro 1.** Resumo revisão de literatura

<b>Autores (Ano)</b>	<b>Título</b>	<b>Contribuições ao Tema</b>
ASLAM M. S., HUANG B., CUI L. (2020)	<b><i>Review of construction and demolition waste management in China and USA</i></b>	Considerando a gestão de RCC na China e nos EUA, explora questões sobre as políticas e regulações existentes nos dois países, quais são os principais desafios da gestão de RCC etc. Conclui que a gestão de RCC é influenciada por uma série de fatores, como população, urbanização, PIB e medidas regulatórias.
AZEVEDO, G. O. D., KIPERSTOK, A., MORAES, L. R. S. (2006)	<b>Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável.</b>	Discute o impacto ambiental causado pela geração de RCC, analisando a legislação sobre o tema, com enfoque no aspecto da redução da geração de resíduos, sugerindo medidas mais sustentáveis para a redução de RCC e do custo da operação dos RCC em Salvador.



BESEN, G. R. (2011)	<b>Coleta seletiva com inclusão de catadores no Brasil: construção participativa de indicadores de sustentabilidade</b>	Desenvolveu um modelo de avaliação da sustentabilidade da coleta seletiva na cidade de São Paulo, tendo como foco a inclusão social dos catadores.
ESGUÍCERO, F. J., DEUS, R. M., BATTISTELLE, R., MARTINS, B. L., BEZERRA, B. S. (2021)	<b><i>Construction and demolition waste management process modeling: a framework for the Brazilian context.</i></b>	Desenvolve uma estrutura referencial com o propósito de modelar os processos da gestão de RCC no Brasil. Sua aplicação possibilita a identificação dos processos envolvidos na gestão de RCC e as deficiências e aprimoramentos necessários para otimizar o sistema. Essa estrutura poderá ser usada para auxiliar o aumento da produtividade, taxas de reciclagem e melhorar a qualidade dos produtos reciclados.
GUIMARÃES, D., FIORE, F. (2020)	<b>Indicadores de efetividade da gestão dos resíduos da construção civil. Estudo de caso: município de São José dos Campos/SP.</b>	Realizam pesquisa para definir e validar variáveis para um conjunto de indicadores de efetividade de gestão de RCC. Aplicam o método na avaliação da gestão de RCC no município de São José dos Campos. O conjunto de variáveis atribuídos aos indicadores se mostrou eficaz para avaliar a gestão de RCC – salvo a necessidade de validações no território de aplicação, para que as especificidades locais sejam respeitadas – e revelou que o sistema de gestão de RCC de São José dos Campos possui baixa efetividade.
HUANG, B., WANG, X., KUA, H., GENG, Y., BLEISCHWITZ, R., REN, J. (2018)	<b><i>Construction and demolition waste management in China through the 3R principle.</i></b>	Realiza análise da gestão de RCC na China através do princípio 3R. As políticas e situações gerenciais existentes foram investigadas e analisadas com base nos princípios de redução, reutilização e reciclagem. Resultados revelam as barreiras para aplicação desses princípios. Propõem-se soluções para a melhoria da gestão com base no princípio 3R.
IODICE, S., GARBARINO, E., CERRETA, M., TONINI, D. (2021)	<b><i>Sustainability assessment of Construction and Demolition Waste management applied to an Italian case.</i></b>	Avaliou a sustentabilidade do sistema de gestão de RCC em uma região italiana por meio de três cenários distintos, observando as implicações socioeconômicas e ambientais desses resíduos. Aponta para os benefícios da demolição seletiva e melhores práticas na gestão de RCC e as dificuldades causadas pelo alto custo de algumas medidas, destacando a necessidade de incentivos e instrumentos para estimular a transição à economia circular.
KABIRIFAR, K., MOJTAHEDI, M., WANG, C.C., TAM, V.W.Y. (2020a)	<b><i>A conceptual foundation for effective construction and demolition waste management.</i></b>	Desenvolvimento de uma estrutura metodológica para avaliar a eficácia de gestão de RCC, incluindo três principais categorias: fatores de contribuição ao CDWM; hierarquia CDWM e eficácia da CDWM. Revelou-se que o conceito de sustentabilidade é o cerne fundador da CDWM. Avaliação a partir da sustentabilidade, considerando as dimensões ambiental, econômica e social.



KABIRIFAR, K., MOJTAHEDI, M., WANG, C.C., TAM, V.W.Y. (2020b)	<b><i>Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review.</i></b>	Estuda o conceito da GRCC, investiga seus problemas de maneira sistemática, por meio da revisão de 97 artigos relevantes para GRCC, e define duas principais categorias de fatores fundamentais para a GRCC: a hierarquia da GRCC (3Rs) e os fatores de contribuição para GRCC efetiva.
KABIRIFAR, K., MOJTAHEDI, M., WANG, C.C., TAM, V.W.Y. (2021a)	<b><i>Effective construction and demolition waste management assessment through waste management hierarchy; a case of Australian large construction companies.</i></b>	Propõe uma estrutura para avaliar a efetividade da GRCC na Austrália, considerando a ação de <i>stakeholders</i> , o ciclo de vida dos projetos, a sustentabilidade e instrumentos de GRCC como fatores de influência. Resultados demonstraram que os fatores mais e menos influentes foram as atitudes dos <i>stakeholders</i> e o ciclo de vida dos projetos, respectivamente.
LOCH, P., STOCKER, S. M., BERTOLINI, G. R. F. (2019).	<b>Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil: Uma Revisão Sistemática da Produção Científica Brasileira de 2003 a 2016.</b>	Realiza revisão sistemática de 18 estudos sobre os planos de gerenciamento de resíduos da construção civil publicados entre os anos de 2003 e 2016 na área de Administração, Ciências Contábeis e Turismo da CAPES. Com os resultados, realizou mapeamento dos principais enfoques sobre a temática e comportamento de pesquisas no âmbito brasileiro, contribuindo para a identificação de lacunas de pesquisa e metodologias aplicadas nos estudos realizados (dentre os quais, a grande maioria realizou estudos de caso). No entanto, a análise não menciona a PNRS, ainda que apenas um dos estudos tenha sido realizado anteriormente a ela.
MARZOUK, M., AZAB, S. (2014)	<b><i>Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics.</i></b>	Objetivo de avaliar os impactos de duas alternativas para GRCC - reciclagem e disposição final- utilizando modelos de sistemas dinâmicos. A avaliação metodológica encorajará políticas restritivas de disposição final e incentivos para que os construtores reciclem seus resíduos. Os resultados mostram que a GRCC leva a redução das emissões de gases, consumo de energia, aquecimento global e conserva áreas e espaço de aterro.
MEDEIROS, C. R., SILVA, J. A. F. da. (2016)	<b>Gestão dos resíduos da construção civil: estudo de caso no município de Macaé, RJ.</b>	Avaliou as iniciativas da GRCC em Macaé-RJ e sugere medidas de educação ambiental para a população. Os resultados permitiram a percepção de lacuna referente a aplicações práticas das políticas locais.
MEIRA, A. R.; ARAÚJO, N. M. C.; NÓBREGA, C. C.; MEIRA, G. R. (2007)	<b>Modelo para avaliação do desempenho do sistema de gestão para resíduos, com base em soluções propostas para o caso de João Pessoa – PB.</b>	Desenvolveu proposta de modelo para GRCC em João Pessoa, baseado na Resolução n. 307 do CONAMA, anterior à PNRS, e fundamentado em indicadores capazes de auxiliar na análise do desempenho do sistema de gestão, ponderados em função da relevância de cada um no sistema.

<p>PAZ, D. H. F., LAFAYETTE, P. V., HOLANDA, K. J. O., SOBRAL, M. C. M., COSTA, L. A. R. C. (2020)</p>	<p><b>Assessment of environmental impact risks arising from the illegal dumping of construction waste in Brazil.</b></p>	<p>Desenvolve metodologia para avaliar os riscos ambientais decorrentes da deposição irregular de RCC em diversas cidades brasileiras.</p>
<p>SILVA, P. J., BRITO, M. J. de, PEREIRA, M. C., AMÂNCIO, R. (2006)</p>	<p><b>Políticas e práticas de gestão ambiental: uma análise da gestão dos resíduos da construção civil na cidade de Belo Horizonte (MG).</b></p>	<p>Estuda as práticas da GRCC em BH. Utilizou o método estudo de caso articulado com o processo de triangulação das técnicas de coleta de dados. Os resultados apontam o arranjo institucional de BH e os benefícios econômicos, sociais e ambientais, bem como as dificuldades relacionadas à implementação das políticas e práticas.</p>
<p>SAEZ, P.V., MERINO, M.R., GONZÁLEZ, A.S., PORRAS-AMORES, C. (2013)</p>	<p><b>Best practice measures assessment for construction and demolition waste management in building constructions.</b></p>	<p>Desenvolveu uma estrutura para avaliar a eficácia de 20 práticas relacionadas a GRCC na Espanha, com o objetivo de assistir <i>stakeholders</i> da construção civil na decisão acerca da implementação de medidas de gestão dos RCC para alcançar processos sustentáveis.</p>
<p>Taelman, S., Sanjuan-Delmás, D., Tonini, D., Dewulf, J. (2020)</p>	<p><b>An operational framework for sustainability assessment including local do global impacts: Focus on waste management systems.</b></p>	<p>Desenvolve uma estrutura para operacionalizar a avaliação da sustentabilidade em sistemas de GRCC envolvendo <i>stakeholders</i> da construção civil e especialistas de diversas áreas. A estrutura proposta é abrangente por incluir os aspectos econômico, social e ambiental.</p>
<p>Wang, J., Wu, H., Tam, V.W.Y., Zuo, J. (2018)</p>	<p><b>Considering life-cycle environmental impacts and society's willingness for optimizing construction and demolition waste management fee: an empirical study of China.</b></p>	<p>Proposta de definição de taxa de GRCC.</p>
<p>WU, H., ZUO, J., YUAN, H., ZILLANTE, G., WANG, J. (2019)</p>	<p><b>A review of performance assessment methods for construction and demolition waste management.</b></p>	<p>Propõem metodologia de avaliação integrada de GRCC.</p>
<p>YUAN, Hongping. (2013)</p>	<p><b>Key indicators for assessing the effectiveness of waste management in construction projects</b></p>	<p>Realizou pesquisa na qual identificou trinta indicadores chave que afetam a efetividade de GRCC a partir de uma perspectiva holística, considerando todos os aspectos da sustentabilidade, e desenvolveu uma estrutura integrativa dos indicadores para auxiliar na avaliação de sistemas de GRCC.</p>

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

#### **4.5 Contexto da disposição dos RCC no Distrito Federal**

O “Lixão do Jóquei” foi inaugurado na década de 1960, junto com o surgimento da cidade de Brasília. A área de cerca de 200 hectares, localizada na cidade periférica Vila Estrutural, no Distrito Federal, acabou sendo considerada o segundo maior lixão do mundo em operação e o primeiro da América Latina, segundo a Associação Internacional dos Resíduos Sólidos (ISWA, em inglês). O local recebeu 100% dos resíduos sólidos coletados no Distrito Federal (DF) ao longo de seus sessenta anos de funcionamento (CRUVINEL *et al.*, 2020). Estima-se que a deposição dos resíduos acumulou cerca de 60 milhões de toneladas de resíduos na área (CAMPOS, 2018), sem qualquer medida de reaproveitamento ou reciclagem por parte do governo.

Ao longo dos anos de operação do lixão, não houve controle do manejo de RCC por parte do poder público. Os RCC eram encaminhados ao lixão sem controle ou cobrança pelo manejo, sendo tratados sem diferenciação em relação aos resíduos sólidos domiciliares, por exemplo.

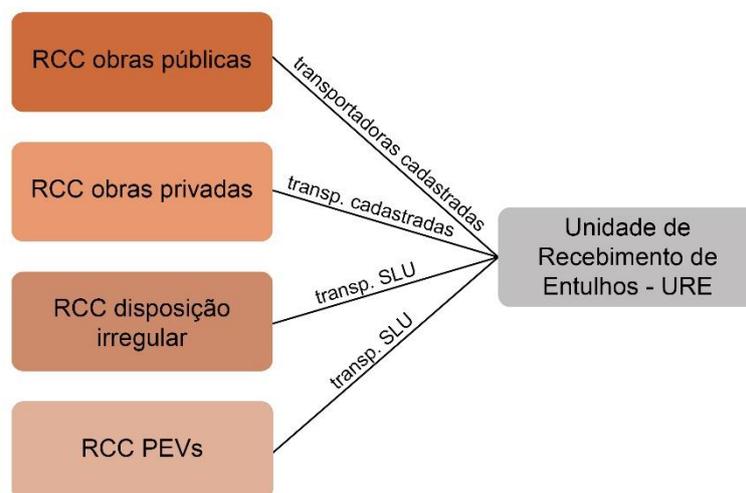
Com a vigência da PNRS, que obriga o fechamento dos lixões a céu aberto, e o estabelecimento do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Distrito Federal, o Governo do Distrito Federal (GDF) criou, em 2017, programa para o encerramento das atividades do lixão e a implantação do Aterro Sanitário de Brasília, localizado em outra cidade periférica, Samambaia/DF. Como parte do plano de transição, o lixão – que antes era acessado facilmente por qualquer pessoa, sem nenhum tipo de controle – foi cercado e estabeleceu-se um acesso mediante cadastro. Com essas medidas de controle, o lixão passou a ser denominado Aterro Controlado do Jóquei (ACJ).

Em janeiro de 2018, o ACJ encerrou suas atividades para o recebimento de resíduos sólidos urbanos (RSU). Foi fechado durante nove dias para a conformação do terreno, aterramento de rejeitos e remoção de estruturas e barracos de madeira existentes no maciço de resíduos. Após essa preparação, passou a operar somente como Unidade de Recebimento de Entulhos (URE) em uma fração da área do ACJ, recebendo entulhos da construção civil, podas e volumosos, desde 29 de janeiro daquele ano (SLU, 2018, 2021). Somente então, foi implantada a GRCC no Distrito Federal. Com isso, os RCC passaram a receber tratamento diferenciado dos RSU, o que representou evolução no serviço de limpeza urbana.

A GRCC no Distrito Federal segue o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil e Resíduos Volumosos no Distrito Federal (PIGRCC, 2013), que é parte integrante do Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PDGIRS, 2018).

A partir do mesmo ano, o SLU implantou pontos de entrega voluntária (PEV), também denominados de “papa-entulho”, onde resíduos volumosos – como móveis velhos –, podas e entulhos da construção civil podem ser acondicionados pela população. Esses pontos limitam-se ao recebimento de 1 m<sup>3</sup> de resíduos/cidadão/dia, e, portanto, não recebem os resíduos provenientes dos grandes geradores.

**Figura 3.** Origens e destino do RCC no DF



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Os grandes geradores de RCC, por sua vez, devem destinar seus resíduos à URE, por meio das transportadoras cadastradas no sistema eletrônico de resíduos da construção civil (e-RCC) do SLU. Assim, as transportadoras devem emitir o Controle de Transportes de Resíduos (CTR), que se trata de documento descritivo – que contém dados do gerador, origem, quantidade e descrição dos resíduos, transportador, destino final, placa do veículo vinculado e identificação da caçamba (GDF, 2011; SLU, 2021) – e configura-se como medida que promove a medição e pesagem dos resíduos destinados à URE (Unidade de Recebimento de Entulhos). Além disso, possibilitam a formação de dados sobre a geração, a coleta e o aterramento desses resíduos.

O sistema eletrônico implantado no SLU também permite o monitoramento e a fiscalização das caçambas de RCC alocadas no Distrito Federal, facilitando a

identificação da situação de regularidade das caçambas e obras realizadas na região. Segundo o SLU (2021), esse dispositivo favoreceu o combate ao descarte irregular no DF e provocou um aumento de 131,28% nas notificações de autuação emitidas pelo sistema em relação ao ano de 2020.

Em 2021, iniciou-se a doação de materiais recicláveis destinados à URE para cooperativas de catadores de materiais recicláveis. Essa medida possibilitou o incremento na taxa de recuperação de RCC no Distrito Federal, beneficiando também as cooperativas de reciclagem (SLU, 2021). Contudo, não se tratam de parcerias formais estabelecidas com essas cooperativas para a destinação dos RCC recuperados ou mesmo para a realização da triagem por estas.

#### **4.6 Políticas públicas relacionadas a RCC aplicáveis ao Distrito Federal**

No Brasil, o marco da GRCC iniciou-se com a Resolução CONAMA n°. 307/2002, que foi o primeiro instrumento a tratar dos RCC. Antes disso, os RCC eram tratados juntamente com os resíduos sólidos urbanos em geral, sem distinção, sendo depositados diretamente nos aterros controlados/sanitários e lixões. Essa resolução já apresentava conceitos como a gestão integrada de resíduos sólidos, a responsabilidade do gerador pelos seus resíduos e a hierarquia da GRCC (3Rs).

Em 2010, foi instituída a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS, Lei Federal n°. 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto n°. 7.404/2010, revogado pelo Decreto n°. 10.936/2022), que dispõe sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos. Esta Política traz como parte de seus princípios o desenvolvimento sustentável, a visão sistêmica na gestão dos resíduos sólidos – considerando as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública – e tem como pilar o princípio da responsabilidade compartilhada.

Nesse sentido, a PNRS é vista como uma normativa avançada para o setor, por considerar as tendências atuais e futuras que buscam a transição para a economia circular, em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), sobretudo os ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e 12 (Consumo e Produção Sustentáveis), preconizados pela Agenda 2030 e calcados na definição do desenvolvimento sustentável (ONU, 2015). A PNRS reconhece os resíduos recicláveis

como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda (BRASIL, 2010), alinhando-se com a hierarquia da GRCC (3Rs).

As legislações aplicáveis aos RCC estão elencadas na Tabela 1, a partir da qual constata-se a derivação de diversas regulamentações que definem execução, fiscalização e penalização corretas, concluindo-se pela importância da instituição da PNRS para o desenvolvimento e a consolidação da gestão de resíduos sólidos e RCC.

**Tabela 1.** Legislação aplicável a RCC

Ano	Legislação	Objetivo	Departamento
2002	Resolução CONAMA n°. 307/2002	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC.	Ministério do Meio Ambiente
2010	Lei n°. 12.305/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).	Governo Federal
2011	Lei n°. 4.704/2011	Dispõe sobre a gestão integrada de RCC e volumosos e dá outras providências.	Governo Distrital
2012	Resolução CONAM n°. 02/2012	Institui o Licenciamento Ambiental Simplificado para as atividades de ATTR de RCC; Área para Aterro de RCC (Inertes) e Centros de Triagem de Resíduos para Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis.	Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal
2012	Decreto n°. 33.825/2011	Institui o Comitê Gestor de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos do Distrito Federal (CORC/DF).	Governo Distrital
2014	Lei n°. 5.418/2014	Dispões sobre a Política Distrital de Resíduos Sólidos.	Governo Distrital
2016	Decreto n°. 37.782/2016	Regulamenta os deveres dos transportadores de RCC (art. 24 da Lei n° 4.704/2011).	Governo Distrital
2016	Resolução ADASA n°. 14/2016	Estabelece preços públicos a serem cobrados pelo SLU na execução de atividades de gerenciamento dos resíduos de grandes geradores, de eventos, da construção civil e dá outras providências (Atualizado pela Resolução ADASA n°. 11/2021).	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico
2017	Resolução SINESP n°. 01/2017	Estabelece procedimentos de cadastramento de transportadores de RCC no DF, bem como especifica a sinalização a ser incluída nos equipamentos e veículos utilizados para coleta e transporte.	Secretaria de Estado de Obras e infraestrutura do Distrito Federal
2018	Decreto n°. 38.953/2018	Regulamenta os Pontos de Entrega Voluntária (PEV) de RCC no Distrito Federal (art. 8º, III, §1º da Lei n° 4.704/2011).	Governo Distrital
2021	Portaria Conjunta n°. 04/2021	Dispõe sobre diretrizes e a obrigatoriedade da emissão do Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR no DF.	Governo Distrital

---

Continuação

---

2021	Instrução Normativa n°. 06/2021	Regulamenta a doação dos agregados reciclados obtidos a partir da trituração dos RCC e resíduos de podas não passíveis de trituração pelo SLU, ambos entregues na URE.	Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal
2022	Decreto n°. 10.936/2022	Regulamenta a Lei n°. 12.305/2010 (revogou o Decreto n°. 7.404/2010)	Governo Federal

---

Fonte: SINJ-DF; sema.df.gov.br/resíduos-solidos/. Elaborada pela autora, 2023.

Com a instituição do Comitê Gestor de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos do Distrito Federal (CORC/DF), pelo Decreto n°. 33.825/2011, todas as ações relacionadas a coordenação, regulamentação, monitoramento e avaliação da execução do PIGRCC ficaram atribuídas ao CORC/DF, ao qual integram os órgãos gestores elencados na Tabela 2 – SLU, SEMA e DF LEGAL, entre outros órgãos e representantes da sociedade civil. Assim, todas as deliberações pertinentes à GRCC, no Distrito Federal, passam pelo CORC/DF.

#### **4.7 A PNRS, o PIGRCC e a GRCC do Distrito Federal**

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece como premissas precípuas a elaboração de plano estadual de resíduos sólidos – sendo condição para que os estados tenham acesso a recursos da União destinados a empreendimentos e serviços relacionados a gestão de resíduos sólidos –, com revisões a cada quatro anos, a responsabilidade compartilhada pelos resíduos, e o princípio da hierarquia 3Rs – redução, reuso e reciclagem.

O Distrito Federal conta com Plano Distrital de Gestão Integrada de Gestão de Resíduos Sólidos (PDGIRS, 2018) e Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos (PIGRCC, 2013), embora este último esteja pendente de revisão há quase dez anos.

A Lei distrital n°. 4.704/2011, que dispõe sobre a gestão integrada de resíduos da construção civil e de resíduos volumosos, baseia-se no princípio da hierarquia 3Rs e determina que os RCC “devem ser triados, aplicando-se a eles, sempre que possível, processos de reutilização, desmontagem e reciclagem, evitando sua disposição final em aterro sanitário” (GDF, 2011).

Além disso, prevê uma série de medidas coerentes com a hierarquia 3Rs, tais como a implantação de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e de Áreas de Transbordo e Triagem (ATTRs) de RCC constituídos em rede; a obrigatoriedade da elaboração e da implementação de Planos de Gerenciamento de RCC; a eliminação da deposição irregular de RCC; e implementação de programas para a promoção da redução e reutilização de RCC, bem como do uso de agregados reciclados nas obras públicas (GDF, 2013).

Ao avaliarem-se as disposições cumpridas, observa-se o cumprimento da elaboração do PIGRCC, que, por sua vez, definiu metas e ações para o cumprimento dos objetivos da GRCC no DF. O PIGRCC prevê o desenvolvimento de programas voltados para a educação ambiental e a ampliação do conhecimento sobre a responsabilidade compartilhada, como também incentivos ao reaproveitamento dos resíduos, com o subsequente aumento da geração de emprego e renda.

Dentre as metas e ações estabelecidas, foram iniciadas a implementação dos PEVs e a licitação dos ATTRs, assim como foi cumprida a implantação do sistema de controle da GRCC. Aparentemente, ainda não há estratégias para a eliminação das áreas de depósitos irregulares de RCC no DF, que estavam previstas para ocorrerem até o ano de 2015 (GDF, 2013). Os processos de redução, reutilização e reciclagem dos RCC são muito pouco explorados, e ainda não há políticas de incentivo a essas práticas direcionados aos gestores e aos grandes geradores.

O PDGIRS (2018) previu como meta para a rede de infraestrutura de coleta de RCC no Distrito Federal:

- i. a instalação de sessenta PEVs até o final de 2019, e mais vinte até o final de 2020. No entanto, existem apenas catorze PEVs implantados no presente (SLU, 2022); e
- ii. a instalação de seis ATTRs até o final de 2022, das quais uma seria pública e as outras, privadas. No entanto, ainda não existem ATTRs implantadas no Distrito Federal.

De acordo com o próprio PDGIRS (2018, pgs. 202 e 204), a infraestrutura de coleta de RCC de pequenos volumes deve ser avaliada como ruim, uma vez que se encontra abaixo de 20 unidades – representando somente 25% da meta definida pelo Plano –, e a infraestrutura de recebimento de RCC em ATTRs deve ser igualmente avaliada como ruim, dado que se encontra abaixo de 3 unidades.

## **5. METODOLOGIA**

### **5.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA**

A presente pesquisa se baseia em metodologias quantitativas e qualitativas e se vale da coleta de dados no local do problema estudado. Os dados foram coletados por meio da análise de documentos, entrevistas com participantes, entre outras fontes; com uso de lente teórica para enxergar o estudo; investigação interpretativa dos dados coletados; e relato holístico do problema (CRESWELL, 2010), considerando que a avaliação da sustentabilidade se trata de questão sistêmica, perpassa diversos campos do conhecimento e atividades, e é resultante de um processo.

Além disso, a pesquisa se iniciou com ideias preconcebidas do modo pelo qual os conceitos estão relacionados; coletou os dados mediante condições de controle; enfatizou a objetividade na coleta e análise dos dados; seus resultados puderam ser quantificados objetivamente, enfatizando o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

Este trabalho caracteriza-se, portanto, como quali-quantitativo e se trata de pesquisa aplicada em estudo de caso.

### **5.2 ESTUDO DE CASO**

Esta pesquisa é um estudo de caso sobre o sistema de GRCC do Distrito Federal. Caracteriza-se como estudo intensivo do objeto central desta pesquisa com a abordagem quanti-qualitativa descrita segundo Gerhardt e Silveira (2009) e Creswell (2010).

Inicialmente, a pesquisa realiza o levantamento histórico da experiência do sistema de GRCC no DF por meio de pesquisa documental. Posteriormente, a coleta de dados primários aprofunda o conhecimento sobre a GRCC realizada. As informações foram coletadas por meio de entrevistas semiestruturadas direcionadas a atores do Poder Público envolvidos no processo de GRCC no DF.

Por fim, buscou-se realizar a avaliação da sustentabilidade do sistema de GRCC do DF com foco na hierarquia 3Rs a partir da implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em vigor desde o ano de 2010. Contudo, a avaliação empreendida partiu efetivamente da implementação da GRCC no DF, que ocorreu em 2018. Tal lapso temporal – oito anos entre o início da vigência da PNRS

e a implantação de fato da GRCC no DF – pode ser considerado um indicador do cenário atual da sustentabilidade da GRCC no DF.

A avaliação da implementação e influência da PNRS no sistema de GRCC do DF caracteriza-se como avaliação *ex post* (considerando que já ocorreram as implementações das ações públicas pertinentes à GRCC, à luz da PNRS), com o objetivo de diagnosticar o programa implementado, possibilitar eventuais correções (RAMOS *et al.*, 2012) e criar uma agenda para mudanças orientadas no sentido da promoção da sustentabilidade, conforme pressuposto sobre sustentabilidade aplicada na GRCC, definido e conceitualizado com base na revisão bibliográfica realizada.

No caso desta pesquisa, o conceito de sustentabilidade aplicada na gestão de resíduos sólidos se deu pela hierarquia 3Rs e orientou a avaliação da GRCC no Distrito Federal, com base no modelo referencial definido por Esguícero *et al.* (2021) e na estrutura metodológica proposta por Wu *et al.* (2019), pelos quais buscou-se identificar os processos da GRCC realizada no DF. A partir da estrutura conceitual definida por Kabirifar *et al.* (2020a), da experiência realizada por Huang *et al.* (2018), e do instrumento de sustentabilidade desenvolvido por Besen (2011), foram definidas três estratégias para coleta de dados, detalhadas a seguir.

### **5.3 INSTRUMENTOS DE PESQUISA – COLETA DE DADOS**

Para a realização da coleta de dados, foi utilizada abordagem múltipla orientada pela triangulação dos dados coletados, que compreenderam entrevistas, pesquisa documental e visitas a campo. A aplicação concomitante de diferentes técnicas permitiu alcançar a profundidade e a amplitude características dos estudos de caso.

O Quadro 2 a seguir resume os métodos selecionados para alcançar os objetivos da pesquisa.

**Quadro 2.** Relação entre métodos e objetivos

<b>Métodos</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Detalhamento no item</b>
Entrevistas	(i) e (iii)	4.3.1
Pesquisa documental	(i), (ii) e (iii)	4.3.2
Visitas a campo	(i) e (iii)	4.3.3
Avaliação	(ii)	4.4 – 4.7

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

### **5.3.1 ENTREVISTAS**

As entrevistas (Apêndice I) foram realizadas com (1) um representante do Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal (SLU), autarquia pública responsável pela gestão e manejo dos resíduos sólidos urbanos no DF; (2) um representante da Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal (SEMA), responsável pela definição de políticas relacionadas aos resíduos sólidos, com a qual o SLU tem vinculação; (3) um técnico responsável pela operação da Unidade de Recebimento de Entulhos (URE), infraestrutura pertencente ao SLU onde ocorre a destinação final dos RCC no DF; (4) um representante da Secretaria de Estado de Proteção da Ordem Urbanística do Distrito Federal (DF LEGAL), responsável pela fiscalização da disposição irregular e cumprimento da legislação pertinente a resíduos sólidos.

Além destas, foram conduzidas entrevistas (Apêndice I) junto a quatro atores particulares geradores de RCC com o intuito de coletarem-se dados primários e informações referentes às práticas relacionadas à hierarquia 3Rs. O critério principal para a definição dos perfis dos entrevistados foi a participação na geração de RCC (E-G), na administração (E1), na operação (E2), na definição de políticas (E3) e na fiscalização (E4) da gestão dos RCC, configurando-se como atores particulares, responsáveis pela geração de RCC, e atores do Poder Público, responsáveis pela execução, gerenciamento, avaliação e fiscalização da GRCC.

A Tabela 2 a seguir sintetiza os perfis e entrevistas realizadas no âmbito desta pesquisa.

**Tabela 2.** Síntese dos perfis entrevistados

Entrevista	Agente da GRCC	Atribuições
<i>Governo</i>		
E1	SLU	Autarquia responsável pela gestão e manejo dos resíduos sólidos no DF.
E2	URE	Gerência responsável pela operação e tratamento dos RCC na estrutura da destinação final (pertencente ao SLU).
<i>Continuação</i>		
E3	SEMA	Secretaria estadual responsável pela definição de políticas relacionadas aos resíduos sólidos no Distrito Federal.
E4	DF LEGAL	Secretaria estadual responsável pela fiscalização dos resíduos sólidos no DF, como o cumprimento de obrigações em obras civis e deposições irregulares de RCC.
<i>Geradores de RCC</i>		
E-G.I	Grande gerador Individual	Pessoa física com obra própria. Tipo obra: reforma de interiores em apartamento de edifício multifamiliar. Área interna: 107 m <sup>2</sup> .
E-G.P	Grande gerador Pequeno	Construtor pessoa jurídica de pequeno porte. < 50 colaboradores. Tipo obra: Edificação residencial de até 4 pavimentos.
E-G.M	Grande gerador Médio	Construtor pessoa jurídica de médio porte. Entre 50 e 100 colaboradores. Tipo obra: Edifício em altura residencial, 17 pavimentos. Área construída: 17.000 m <sup>2</sup> .
E-G.G	Grande gerador Grande	Construtor pessoa jurídica de grande porte. > 1000 colaboradores. Tipo obra: Edifício em altura residencial, 6 pavimentos, em concreto armado e protendido. Área construída: 15.100 m <sup>2</sup> .

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Os objetivos das entrevistas realizadas com o Perfil E-G – Geradores de RCC foram:

- a. Investigar o conhecimento sobre a responsabilidade compartilhada pela GRCC, em relação às disposições da PNRS (2010) e do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil e Resíduos Volumosos no Distrito Federal (PIGRCC, 2013);
- b. Investigar o conhecimento em relação à hierarquia 3Rs;



- c. Investigar se há práticas para a redução da geração de RCC, como capacitação da mão-de-obra para evitar o desperdício de materiais;
- d. Investigar se há utilização de materiais reciclados oriundos de RCC na construção de novas edificações.

Os objetivos das entrevistas realizadas com os perfis E1 e E3 – Gestores públicos de resíduos sólidos foram:

- a. Identificar a concepção de sustentabilidade adotada pelo órgão;
- b. Investigar qual é a visão do órgão sobre a adequação da GRCC realizada no DF em relação às disposições da PNRS (2010);
- c. Investigar qual é a visão do órgão sobre a adequação da GRCC realizada no DF em relação às práticas mais avançadas e sustentáveis no contexto mundial;
- d. Investigar qual é a visão do órgão sobre a adequação da GRCC realizada no DF em relação à hierarquia 3Rs;
- e. Investigar a existência de projetos e parcerias com agências de desenvolvimento estrangeiras pertinentes à GRCC;
- f. Investigar a perspectiva das políticas públicas para o sistema de GRCC.

Os objetivos da entrevista realizada com o perfil E2 – Técnico servidor público em GRCC foram:

- a. Identificar a estrutura da GRCC antes e após a chegada dos RCC na URE;
- b. Identificar quais são as instalações físicas e divisões na URE;
- c. Identificar quais são as operações que ocorrem na URE;
- d. Investigar se as operações que ocorrem na URE são compatíveis com a hierarquia 3Rs;
- e. Levantar dados não publicados no relatório anual do SLU no ano vigente.

Os objetivos da entrevista realizada com o perfil E4 – Fiscalizador público da GRCC foram:

- a. Identificar os motivos causadores e a origem do descarte irregular de RCC no DF;
- b. Investigar quais são os agentes causadores do descarte irregular;

- c. Compreender como ocorre a fiscalização de RCC no DF;
- d. Investigar ações previstas para o combate ao descarte irregular.

### **5.3.2 PESQUISA DOCUMENTAL**

A pesquisa e análise de dados secundários – tais como os dados relativos à geração dos RCC no DF, coleta, tratamento e destinação –, pretendeu demonstrar o panorama e a evolução da GRCC no DF, dentro do recorte temporal de 2018 até o ano de 2022. Esta análise subsidiou a coleta de dados quantitativos utilizados na avaliação quantitativa da hierarquia da GRCC (3Rs). A análise compreendeu os Relatórios Anuais do SLU, a legislação, as regulamentações e o normativo referente aos RCC, entre outros documentos de pesquisas publicados.

A pesquisa documental abrangeu a coleta de dados referentes a outros casos de gestão municipal de RCC no Brasil, com o intuito de estabelecer comparações que beneficiam a compreensão dos sistemas de gestão e seus processos. Tais contraposições evidenciam a inter-relação e as combinações apropriadas de diferentes medidas para a GRCC ou, ainda, as condições sob as quais dada intervenção pode atingir um determinado resultado (PAHL-WOSTL *et al.*, 2021), gerando conhecimento generalizável acerca de questões causais (UNICEF, 2014) e possibilitando uma discussão mais ampla acerca dos resultados encontrados no Distrito Federal.

### **5.3.3 VISITAS A CAMPO**

Além das entrevistas e pesquisa documental, este trabalho contou com duas visitas a campo, na Unidade de Recebimento de Entulhos (URE) do Distrito Federal, e incluiu diário de campo, observações e registros fotográficos.

As etapas e métodos da coleta de dados foram sintetizados no quadro a seguir, em que estão organizadas as datas de realização, a duração e os instrumentos desse processo de investigação e avaliação.

**Quadro 3.** Etapas da coleta de dados

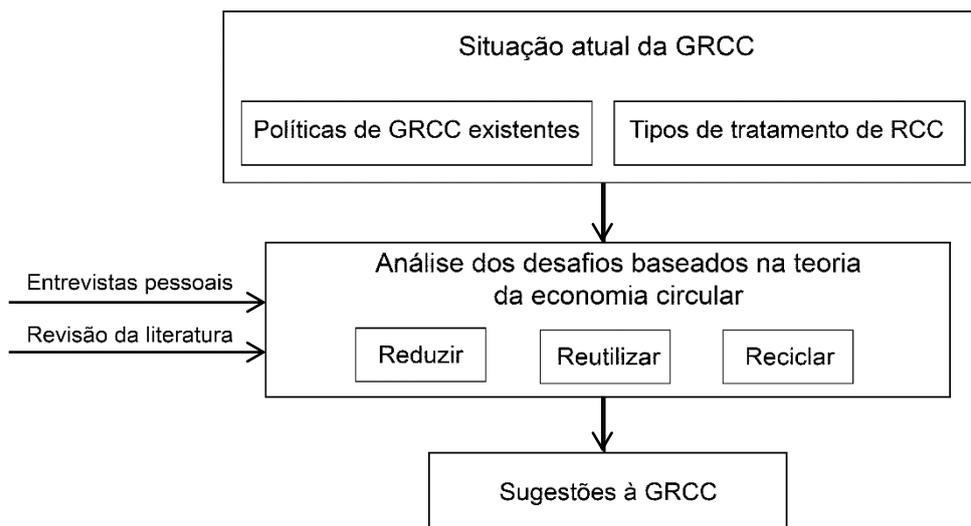
<b>Etapas</b>	<b>Período (mês/ano)</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Observações</b>
Pesquisa documental	Abril/2022 a Janeiro/2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Relatórios anuais do SLU;</li> <li>· Registros: Cartilhas, vídeos, reportagens;</li> <li>· Artigos, dissertações, teses;</li> <li>· Legislação, regulamentação, normativo.</li> </ul>	<p>A pesquisa e análise documental ocorreu de forma extensiva e consultiva ao longo do desenvolvimento da pesquisa.</p> <p>Aplicação: avaliação quantitativa da hierarquia 3R – reuso e reciclagem.</p>
<b>Entrevistas:</b>			
Geradores de RCC	Outubro a Dezembro/2022	Envio de questionário	04 entrevistas
Gestor SLU / SEMA	Outubro e Novembro/2022	Entrevista presencial e <i>on-line</i>	02 entrevistas
Técnico URE	Novembro/2022	Entrevista presencial	Aplicação: avaliação qualitativa da hierarquia 3R – redução, reuso e reciclagem.
Fiscalizador DF LEGAL	Dezembro/2022	Entrevista presencial	
Visitas a campo – URE	Outubro e Novembro /2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Diário de campo;</li> <li>· Observação;</li> <li>· Registros fotográficos.</li> </ul>	Ocorreram no mesmo período em que as entrevistas, pois as observações e entrevistas suscitaram questionamentos não previstos nos roteiros das mesmas.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

## 5.4 SELEÇÃO DE MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA GRCC

A partir da revisão de literatura realizada, quatro trabalhos destacaram-se pela aplicabilidade ao estudo de caso desta pesquisa:

1. A experiência realizada por Huang *et al.* (2018), na qual analisaram a gestão de RCC da China através da hierarquia 3Rs com o objetivo de compreender as dificuldades enfrentadas em tratar os RCC segundo os princípios da economia circular, por meio da avaliação das políticas de GRCC e da situação da GRCC presente à época, conforme estrutura de pesquisa ilustrada na Figura 4;



**Figura 4.** Estrutura da pesquisa realizada por HUANG *et al.*  
Fonte: HUANG *et al.*, 2018. Adaptado e traduzido pela autora, 2023.

2. A extensiva revisão de métodos para avaliação da performance de GRCC realizada por Wu *et al.* (2019), que culminou na proposição da estrutura metodológica de cinco passos (Figura 2);
3. O modelo referencial definido por Esgúicero *et al.* (2021), cujo propósito é modelar os processos da GRCC;
4. Por último, os estudos de Kabirifar *et al.* (2020a; 2020b; 2021a, 2021b), no qual desenvolveram estrutura conceitual para avaliar a efetividade da GRCC, partindo-se da premissa de que a hierarquia 3Rs promove uma GRCC efetiva e mais sustentável. A estrutura proposta pelos autores abrange três categorias principais (a) fatores de contribuição, (b) hierarquia da GRCC e (c) GRCC efetiva.

A partir da estrutura metodológica proposta por Wu *et al.* (2019) e do modelo referencial definido por Esgúicero *et al.* (2021), buscou-se identificar os processos da GRCC realizada no DF. A estrutura conceitual de Kabirifar *et al.* (2020a) e a experiência realizada por Huang *et al.* (2018), tomando a hierarquia da GRCC como um dos principais fatores de contribuição para GRCC efetiva e sustentável, orientaram esta pesquisa na avaliação da sustentabilidade da GRCC vigente no DF, com enfoque nos processos relativos à hierarquia 3Rs. Para tanto, foram identificados os processos e as estratégias existentes em relação à redução de geração, ao reuso e à reciclagem de RCC (3Rs).

A partir dos resultados encontrados, são discutidos o nível de implementação das políticas de resíduos sólidos existentes no Distrito Federal e no Brasil, implementadas a partir de 2010, e a sua influência no sistema de GRCC do DF; são identificadas as boas estratégias e as debilidades atuais; e são apontadas perspectivas futuras para o aprimoramento da GRCC local.

## 5.5 SELEÇÃO DE CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO

Considerando que a GRCC efetiva é um processo integral que abrange os aspectos econômico, social e ambiental para atingir a sustentabilidade (YUAN, 2013), buscou-se selecionar critérios que refletem essas dimensões. Sobretudo, os critérios que possuem relação com a hierarquia da GRCC – redução, reuso e reciclagem (3Rs).

Com base na Tese de Doutorado de Besen (2011), na qual desenvolveu trabalhos para a identificação, a construção e a validação de indicadores de sustentabilidade para programas municipais de coleta seletiva, elaborou-se adaptação desse instrumento para a avaliação da GRCC.

De forma análoga à coleta seletiva de materiais recicláveis, a coleta de RCC e a hierarquia 3Rs contribuem com a sustentabilidade econômica, ambiental e social, pois se constituem em estratégias de redução de impacto nos ecossistemas e na biodiversidade, na economia do uso de recursos naturais e, ainda, por reduzir significativamente a disposição final no solo e contaminações decorrentes. No âmbito social, têm o potencial da geração de empregos e renda (BESEN, 2011; LU e YUAN, 2011; YUAN, 2013; KABIRIFAR *et al.*, 2021a; GUIMARÃES e FIORE, 2020; PAZ *et al.*, 2020). Por isso, considerando a coleta de RCC como uma categoria de “coletiva seletiva”, o estudo de Besen (2011) foi considerado adequado e adaptável à GRCC, sob a forma de uma adaptação simplificada, por assim dizer, piloto.

Inicialmente, identificaram-se sete critérios definidos no estudo (BESEN, 2011) que puderam ser adaptados e aplicados como fatores de contribuição para a hierarquia 3Rs no caso-objeto desta pesquisa, de forma análoga à avaliação da coleta seletiva proposta pela autora. São eles:

- a. Práticas dos geradores de RCC – Práticas relacionadas aos 3Rs durante as obras de construção. De acordo com Kabirifar *et al.* (2021a), as práticas dos agentes da construção são o que mais impactam a hierarquia da GRCC, ao passo em que a hierarquia da GRCC (3Rs) influencia

diretamente na efetividade e sustentabilidade da GRCC. Este critério não foi considerado na avaliação da sustentabilidade da GRCC pública, pois é parte da gestão privada de RCC. Portanto, não foi incluído na matriz de indicadores detalhada no item 4.7 (Quadro 5), apesar de ser importante indicador das forças e debilidades da GRCC, uma vez que influencia diretamente o indicador quantitativo n°. 1;

- b. Gestão compartilhada – Existência ou inexistência de Pontos de Entrega Voluntária (PEV) como parte da estrutura da coleta de RCC;
1. Taxa de Geração de RCC (TG-RCC) – É um indicador quantitativo e comparável que auxilia na compreensão do setor da construção, possibilitando o *benchmarking* de diferentes práticas de GRCC, contribui para aumentar a consciência da população sobre GRCC e auxilia os agentes da construção civil na elaboração de estratégias de GRCC (AZEVEDO *et al.*, 2006; LU *et al.*, 2011; LU e YUAN, 2011; YUAN, 2013; RATNASABAPATHY *et al.*, 2020; ESGUÍCERO *et al.*, 2021);
  2. Taxa de Recuperação/Desvio de RCC (TD-RCC) – Expressa a quantidade de resíduos que é recuperada para reutilização ou reciclagem, sendo desviada da destinação final no aterro. É um importante indicador da aplicação de estratégias de reuso e reciclagem (MEIRA *et al.*, 2007; BESEN *et al.*, 2012; YUAN, 2013; RATNASABAPATHY *et al.*, 2020; ESGUÍCERO *et al.*, 2021);
  3. Taxa de Aterramento de Rejeitos (TA-RCC) – Expressa a quantidade de resíduos que não pôde ser recuperada e, portanto, recebeu destinação final. A taxa pode ser considerada um indicador da efetividade da GRCC sob a ótica dos 3Rs, pois denota a eficiência da segregação de RCC na fonte e na triagem (MEIRA *et al.*, 2007; BESEN *et al.*, 2012; YUAN, 2013);
  4. Custo da GRCC com triagem / Custo da GRCC sem triagem – Expressa a relação custo-benefício da triagem face à GRCC sem a realização de triagem, uma vez que a quantidade aterrada incluirá os RCC que poderiam ser desviados do aterramento com a realização da triagem (BESEN *et al.*, 2012; YUAN, 2013);
  5. Parcerias – Expressam de forma direta a inclusão social com a participação das cooperativas e associações de reciclagem, conforme disposto pela PNRS/2010 (BESEN *et al.*, 2012).

Os critérios e seus respectivos indicadores elencados no Quadro 4, a seguir, possibilitaram a avaliação da GRCC no DF em duas etapas – qualitativa e quantitativa –, e refletem a sustentabilidade e a efetividade da GRCC. A partir dos critérios aplicados à coleta seletiva, foi realizada adaptação e complementação dos critérios à GRCC e ao presente estudo de caso.

**Quadro 4.** Critérios de avaliação de GRCC, processos, hierarquia e dimensões da sustentabilidade abrangidas

Critérios	Processo	Hierarquia 3Rs	Dimensões
<b>Qualitativos</b>			
a. Práticas dos geradores de RCC	Eficiência no planejamento e execução de obras civis; Ganhos: ambientais e econômicos.	Redução Reuso Reciclagem	Ambiental Econômica Social
b. Gestão compartilhada	Existência de mecanismos de compartilhamento da gestão com a sociedade; Controle Social; Transparência.	Redução Reuso Reciclagem	Social Institucional
<b>Quantitativos</b>			
1. Taxa de Geração de RCC (TG-RCC)	Eficiência do sistema de GRCC pelo gerador.	Redução Reuso Reciclagem	Ambiental Econômica
2. Taxa de Recuperação/Desvio de RCC (TD-RCC)	Eficiência do sistema de GRCC; Desvio de materiais do aterro; Ganhos: ambientais, econômicos e sociais.	Reuso Reciclagem	Ambiental Social Econômica Institucional
3. Taxa de Aterramento de Rejeitos (TA-RCC)	Eficiência da separação de RCC na fonte e na triagem; Eficiência do processo de educação ambiental e comunicação.	Redução Reuso Reciclagem Disposição final	Econômica Ambiental Social
4. Custo da GRCC com triagem / Custo da GRCC sem triagem	Eficiência econômica no gerenciamento; Relação custo-benefício entre GRCC e aterramento; Ampliação do investimento em recuperação de RCC e redução do custo com aterramento.	Reuso Reciclagem	Ambiental Social Econômica

Continuação

<b>Crítérios</b>	<b>Processo</b>	<b>Hierarquia 3Rs</b>	<b>Dimensões</b>
5. Taxa de Aterramento de Rejeitos (TA-RCC)	Eficiência da separação de RCC na fonte e na triagem; Eficiência do processo de educação ambiental e comunicação.	Redução Reuso Reciclagem Disposição final	Econômica Ambiental Social
6. Custo da GRCC com triagem / Custo da GRCC sem triagem	Eficiência econômica no gerenciamento; Relação custo-benefício entre GRCC e aterramento; Ampliação do investimento em recuperação de RCC e redução do custo com aterramento.	Reuso Reciclagem	Ambiental Social Econômica
7. Parcerias	Efetividade de rede de apoio; Efetividade de viabilização de recursos financeiros e institucionais.	Redução Reuso Reciclagem	Social Institucional Econômica

Fonte: Adaptado de Besen *et al.* (2012) pela autora, 2023.

Os critérios quantitativos foram atribuídos a uma matriz de sustentabilidade que permitiu calcular o índice de sustentabilidade da GRCC no DF (etapa quantitativa), nos moldes de como é feito o cálculo por Besen *et al.* (2011; 2012), no caso da coleta seletiva. Ressalta-se que apenas os critérios quantificáveis a partir dos dados disponíveis e relativos aos 3Rs foram considerados para a avaliação da sustentabilidade da GRCC.

## 5.6 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

A partir dos indicadores desenvolvidos por Besen *et al.* (2011; 2012) – cuja validação foi obtida por meio da técnica Delphi, em duas rodadas com especialistas – e com base na estrutura conceitual definida por Kabirifar *et al.* (2020a; 2020b), buscou-se uma adaptação destes orientada para a hierarquia 3Rs. Com a adaptação ao caso estudado, foi elaborada uma matriz da sustentabilidade aplicável a GRCC, em coerência com as especificidades locais, o viés da análise pela hierarquia 3Rs e as possibilidades de coleta de dados.

Após a identificação de indicadores de sustentabilidade caracterizados por (a) representatividade, (b) comparabilidade, (c) acessibilidade dos dados, (d) clareza e

síntese e (e) previsão e metas, a adaptação do instrumento elaborado tornou-se facilmente replicável. Segundo Besen (2011), a análise dos resultados de sua pesquisa revelou a importância de se construir um instrumento de avaliação que enquadrasse a coleta seletiva em graus de sustentabilidade, possibilitando o cálculo de um índice de sustentabilidade local.

No caso estudado, esse índice é uma síntese do conjunto de indicadores utilizados e traduz a interpretação da realidade do sistema de GRCC avaliado, no ano correspondente aos dados inseridos. Com isso, é possível a hierarquização dos municípios onde a gestão de resíduos está sendo avaliada.

O valor numérico do índice de sustentabilidade resulta da somatória da multiplicação entre o valor obtido na tendência à sustentabilidade (Desfavorável: 0; Favorável: 0,5; ou Muito favorável: 1) e o peso atribuído aos indicadores, dividido pela somatória dos pesos atribuídos.

Os índices de sustentabilidade foram obtidos pela fórmula:

$$I_i = \frac{\sum v_i \times p_i}{\sum p}$$

Em que:

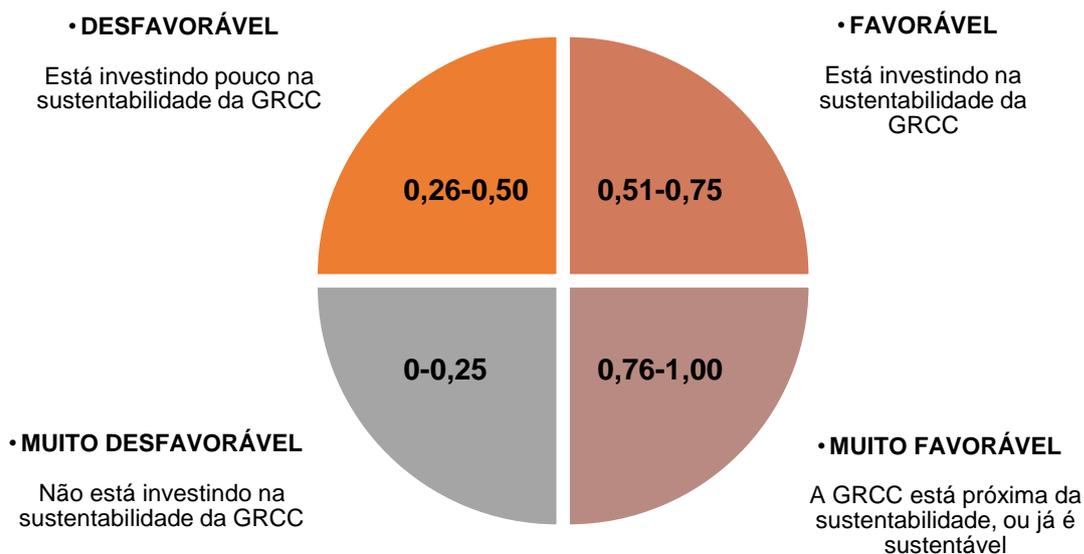
$I_i$  = índice

$\sum$  = somatória

$V_i$  = valor da tendência à sustentabilidade do indicador

$P_i$  = peso atribuído ao indicador  $i$  (ponderação dos especialistas na aplicação à coleta seletiva)

Este modelo, denominado de “Radar da Sustentabilidade” pela autora (op. cit.), baseou-se nos modelos existentes e aplicados aos indicadores de desenvolvimento e sustentabilidade. Os índices resultam da média ponderada entre os indicadores e traduzem-se em graus de sustentabilidade definidos em quatro intervalos de valores para o respectivo índice, que variam de 0 a 1 e definem quatro condições em relação à sustentabilidade, conforme Figura 5:



**Figura 5.** Radar da Sustentabilidade.

Fonte: Adaptada de Besen (2011) pela autora, 2023.

- Índice de 0 a 0,25: Muito desfavorável
- Índice de 0,26 a 0,50: Desfavorável
- Índice de 0,51 a 0,75: Favorável
- Índice de 0,76 a 1,0: Muito favorável

Dentre os indicadores utilizados por Besen *et al.* (2012), elencaram-se os considerados aplicáveis e adaptáveis à avaliação da GRCC do Distrito Federal, com base na sua relevância, identificada a partir da revisão da literatura. Os valores de referência para cada indicador foram identificados através de *benchmarking* da GRCC realizado em outras cidades (ESGUÍCERO *et al.*, 2021), de modo a obterem-se valores representativos da média brasileira, com o objetivo de possibilitar a comparação dos indicadores nas diferentes municipalidades. Os dados foram ponderados entre a média dos anos 2021 e 2022.

Para tanto, foram feitas solicitações pela Lei de Acesso à Informação – LAI nos Portais da Transparência – e-SIC municipais. Esta etapa foi necessária devido ao fato do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) dispor somente de dados referentes aos RSU em geral, não especificando informações recentes sobre os RCC; e do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) não dispor de dados recentes, nem completos.

Inicialmente, buscou-se estabelecer uma referência de dados para o cálculo das tendências à sustentabilidade a partir da realidade de todas as vinte e sete capitais

brasileiras, mas, devido à dificuldade de obtenção dos dados – às vezes, porque a coleta específica de RCC não é realizada, ou porque as cidades não realizam levantamento ou registros dos dados da coleta –, foi necessário reduzir a abrangência referencial para apenas as cidades respondentes às solicitações.

Os dados solicitados ao Portal da Transparência foram (Apêndice III):

- a. Custo total da coleta de RCC, discriminado por tipo de coleta (manual ou mecanizada), por mês de operação e total/ano, referentes a 2021 e 2022;
- b. Quantidade total de RCC coletada, discriminada por tipo de coleta (manual ou mecanizada), por mês de operação e total/ano, referentes a 2021 e 2022;
- c. Quantidade total de RCC aterrado, discriminada por mês de operação e total/ano, referentes a 2021 e 2022;
- d. Custo do aterramento de RCC, discriminado por mês de operação e total/ano, referentes a 2021 e 2022;
- e. Quantidade total de RCC triada e recuperada, discriminada por mês de operação e total/ano, referentes a 2021 e 2022;
- f. Custo do manejo/triagem para reaproveitamento/reciclagem, discriminado por mês de operação e total/ano, referentes a 2021 e 2022;
- g. Número de parcerias com cooperativas e/ou empresas de reciclagem para destinação dos resíduos destinados ao reaproveitamento/reciclagem, caso haja o envolvimento de cooperativas de catadores de resíduos nas operações de triagem, referentes a 2021 e 2022.

As solicitações foram efetivamente destinadas a vinte e três capitais brasileiras, pois três delas – Rio de Janeiro, Boa Vista e Palmas – apresentaram problemas técnicos no Portal da Transparência, o que impossibilitou concluir a solicitação. O Distrito Federal foi consultado por meio dos relatórios publicados pelo SLU. A Tabela 3 apresenta o sumário das cidades solicitadas em ordem de tamanho populacional, das respondentes e da qualidade das respostas quanto aos dados solicitados.

**Tabela 3.** Sumário das cidades solicitadas para a coleta de dados – *benchmarking*

Capital	Estado	Resposta e-SIC	Qualidade da resposta
1. São Paulo	SP	Sim	Incompleta. Forneceu 3/7 dos dados referentes a 2022, referente a um único contrato de serviço.
2. Salvador	BA	Sim	Incompleta. Forneceu 4/7 dos dados.
3. Distrito Federal	DF	-	Relatórios SLU (2021; 2022)
4. Fortaleza	CE	Sim	Incompleta. Forneceu 2/7 dos dados.
5. Belo Horizonte	MG	Sim	Incompleta. Forneceu 5/7 dos dados, referentes ao ano de 2021.
6. Manaus	AM	Sim	Não forneceu os dados.
7. Curitiba	PR	Sim	Não forneceu dados consistentes. Segundo a resposta, a coleta separada de RCC se iniciou em 2022.
8. Recife	PE	Sim	Incompleta. Forneceu 4/7 dos dados.
9. Goiânia	GO	Não	-
10. Belém	PA	Não	-
11. Porto Alegre	RS	Sim	Não forneceu os dados.
12. São Luís	MA	Não	-
13. Maceió	AL	Não	-
14. Campo Grande	MS	Não	-
15. Natal	RN	Não	-
16. Teresina	PI	Não	-
17. João Pessoa	PB	Sim	Não forneceu os dados.
18. Aracaju	SE	Não	-
19. Cuiabá	MT	Não	-
20. Porto Velho	RO	Sim	Não forneceu os dados.
21. Macapá	AP	Não	-
22. Florianópolis	SC	Sim	Incompleta. Forneceu 6/7 dos dados.
23. Rio Branco	AC	Não	-
24. Vitória	ES	Sim	Não forneceu os dados.

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Das vinte e três capitais solicitadas, seis encaminharam resposta, apresentando parte dos dados solicitados. As demais não responderam, ou não responderam mediante os dados.

A consolidação dos dados recebidos compreendeu quatro etapas:

1. De início, todos os dados referentes às GRCC municipais recebidos foram tabulados separadamente por cidade. Nesta etapa, foram calculados as Taxas de Recuperação de RCC (TD-RCC – indicador 1), Taxas de

Aterramento de RCC (TA-RCC – indicador 2), o Custo total da coleta de RCC / tonelada (indicador 3) e o percentual do Custo da GRCC com realização da triagem para recuperação de RCC em relação ao Custo da GRCC sem triagem (indicador 4);

2. Em seguida, foram selecionadas as cidades que apresentaram os dados mais robustos. A cidade de São Paulo foi excluída da lista de referências, pois esta apresentou somente os dados correspondentes à (b) quantidade coletada de RCC, ao (f) custo do manejo de RCC para reaproveitamento e ao (d) custo do aterramento de RCC, relativos aos Pontos de Entrega Voluntária. Com isso, os dados faltantes impossibilitaram a análise sobre o custo da coleta e a taxa de recuperação de RCC em São Paulo. Após essa análise preliminar, os dados selecionados foram novamente tabulados no campo correspondente, conforme Tabela 4;
3. Posteriormente, foram calculadas as médias aritméticas inferiores e superiores de cada indicador. Para isso, os dados foram organizados em ordem crescente e o grupo dos valores inferiores teve sua média calculada, assim como o grupo dos valores superiores, obtendo-se duas médias referentes a cada ano (2021-2022), conforme Tabela 5;
4. Por fim, foi calculada a média aritmética entre as médias anuais do cálculo anterior (Tabela 5). As médias finais obtidas foram utilizadas como parâmetros “Desfavorável” e “Muito favorável”, que indicam a “Tendência à sustentabilidade” da matriz de indicadores (Quadro 5).

Com o *benchmarking* realizado, percebeu-se que cada municipalidade possui peculiaridades na sua GRCC e formas diferentes de considerar os custos, bem como a quantidade de RCC coletada. Assim, os dados informados não especificaram quais custos foram considerados no cálculo (por exemplo, custos operacionais, planejamento e encargos sociais). Diante disso, os valores de referência inseridos na matriz representam cenários, mas não podem ser lidos como valores precisos, uma vez que não houve processo de validação dos mesmos nesta pesquisa.

**Tabela 4.** Consolidação dos dados a partir do *benchmarking* da GRCC – Etapa 1

	Distrito Federal*	Salvador*	Fortaleza**	Belo Horizonte***	Recife	Florianópolis
<b>Custo coleta RCC (R\$)</b>						
2021	R\$ 28.202.215,86	R\$ 16.844.739,45	R\$ 16.431.137,79	-	R\$ 4.990.850,87	R\$ 2.901.347,40
2022	R\$ 35.608.038,28	R\$ 12.859.769,78	R\$ 13.870.989,40	-	R\$ 5.306.753,61	R\$ 3.321.976,98
<b>Custo coleta / t (R\$/t)</b>						
2021	R\$ 44,41	R\$ 23,00	R\$ 44,46	R\$ 115,39	R\$ 42,53	R\$ 419,50
2022	R\$ 75,81	R\$ 23,59	R\$ 47,18	-	R\$ 38,00	R\$ 500,07
<b>Quantidade coletada RCC (t)</b>						
2021	1.462.757,20	732.479,92	369.599,75	169.046,26	117.348,97	6.916,27
2022	1.114.661,86	545.148,54	294.025,80	162.308,07	139.641,58	6.643,03
<b>Custo manejo reaproveitamento / triagem (R\$)</b>						
2021	R\$ 17,53	-	-	R\$ 60,23	-	R\$ 45,19
2022	R\$ 18,81	-	-	-	-	R\$ 55,23
<b>Custo aterramento RCC (R\$)</b>						
2021	R\$ 30,42	-	-	R\$ 46,19	R\$ 41,70	-
2022	R\$ 32,14	-	-	R\$ 54,22	R\$ 43,89	-
<b>Taxa de recuperação RCC (%)</b>						
2021	20,76%	2,57%	-	12,02%	-	39,11%
2022	19,15%	3,46%	-	2,49%	-	84,38%
<b>Parcerias Cooperativas</b>						
	Sim	-	-	Não	-	Não

\* Os dados informados sobre o Distrito Federal e Salvador, no ano de 2022, correspondem ao período Janeiro-Setembro.

\*\* Os dados informados sobre Fortaleza, no ano de 2022, correspondem ao período Janeiro-Novembro.

\*\*\* Os dados informados sobre Belo Horizonte, no ano de 2022, correspondem ao período Janeiro-Outubro.

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

**Tabela 5.** Consolidação dos dados a partir do *benchmarking* da GRCC – Etapas 2 e 3.

	<b>Média Inferior*</b>	<b>Média Superior*</b>
<b>Taxa de Recuperação RCC (TD-RCC %)</b>		
2021	10%	30%
2022	5%	50%
<b>Média 2021-2022</b>	<b>7,50%</b>	<b>40%</b>
<b>Taxa de Aterramento RCC (TD-RCC %)</b>		
2021	70%	90%
2022	50%	95%
<b>Média 2021-2022</b>	<b>60%</b>	<b>92,50%</b>
<b>Custo coleta / t (R\$/t)</b>		
2021	R\$ 35,00	R\$ 195,00
2022	R\$ 35,00	R\$ 210,00
<b>Média 2021-2022</b>	<b>R\$ 35,00</b>	<b>R\$ 202,50</b>
<b>Custo GRCC c/ triagem / Custo GRCC s/ triagem (%) **</b>		
2021	110%	160%
2022	110%	130%
<b>Média 2021-2022</b>	<b>110%</b>	<b>160%</b>

\* Para o cálculo das médias inferiores e superiores, todos os dados consolidados foram dispostos em ordem crescente, onde calculou-se a média dos valores menores e a média dos valores maiores. Nos casos em que o número total de dados era ímpar, o valor central foi computado nas duas médias.

\*\* Foram aplicados os valores médios obtidos referentes ao custo de triagem e ao custo de aterramento para preencher as lacunas no cálculo para as cidades que não apresentaram estes dados.

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

**Quadro 5.** Matriz de indicadores de sustentabilidade aplicados à GRCC

Indicadores	Modo de medição	Tendência à sustentabilidade			Peso	V	VF
		Muito Favorável	Favorável	Desfavorável			
1. Taxa de Recuperação de RCC (TR-RCC) *	$\frac{\text{Quantidade coleta de RCC (t)} - \text{Q. rejeito}}{\text{Quantidade coleta RCC (t)}} \times 100$	≥ 40%	40% > x > 7,5%	≤ 7,5%	0,89		
2. Taxa de Aterramento de Rejeitos (TA-RCC) *	$\frac{\text{Q. rejeito / aterrada}}{\text{Quantidade coleta RCC (t)}} \times 100$	≤ 60%	60% < x < 92,50%	> 92,50%	0,87		
3. Custo total do serviço / tonelada *	$\frac{\text{Custo total da coleta de RCC (R\$)}}{\text{Quantidade coleta RCC (t)}} \times 100$	≤ R\$ 35/t	R\$ 35/t > x < R\$ 202,50/t	≥ R\$ 202,50/t	0,82		
4. Custo GRCC c/ triagem / Custo GRCC s/ triagem *	$\frac{\text{Custo manejo RCC reaproveitamento} + \text{Custo coleta RCC} + \text{Custo Aterramento (R\$/t)}}{\text{Custo coleta RCC} + \text{Custo Aterramento (R\$/t)}} \times 100$	≤ 110%	110% > x < 160%	≥ 160%	0,81		
5. Parcerias	Existente ou Inexistente	Há	Há previsão	Não há	0,62		

\* Os valores de referência utilizados referem-se à média entre os anos 2021-2022, do Distrito Federal, Salvador, Fortaleza, Belo Horizonte, Recife e Florianópolis.

Fonte: Adaptado de Besen (2011) pela autora, 2023.

O modelo piloto da matriz de indicadores de sustentabilidade para GRCC definido acima (Quadro 5) será utilizado na aplicação ao estudo de caso – GRCC do Distrito Federal –, conforme detalhado no Capítulo 7 – Artigo I.

## 6. LIMITES DA PESQUISA

O método escolhido para realizar a avaliação da sustentabilidade do sistema de GRCC do Distrito Federal é uma combinação e adaptação de diferentes pesquisas realizadas por autores de diferentes países. No entanto, identifica-se a afinidade de contextos de geração, de GRCC e dos interesses no aprimoramento da gestão, conforme revelado pela revisão de literatura.

Considerando o fator limitante tempo, não foi possível a validação da adaptação do método de avaliação da sustentabilidade de Besen (2011) aplicado ao caso da GRCC no DF. Apesar disso, os dados coletados subsidiaram a compreensão da realidade identificada, assim como a análise fundamentada em referenciais teóricos e práticos adotados em diferentes regiões do mundo.

É importante considerar, ainda, que a complexidade dos fatores envolvidos na GRCC extrapola as possibilidades de abordagem e escopo desta pesquisa. Portanto, a avaliação da sustentabilidade proposta aplica-se a um escopo restrito da GRCC, focado na hierarquia 3Rs, não sendo conclusiva sobre todos os aspectos compreendidos pela sustentabilidade na gestão integrada de RCC do Distrito Federal.

## 7. ARTIGO I – AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO DISTRITO FEDERAL

### *Assessment of sustainability in the construction and demolition waste management in the Brazilian Federal District*

#### **Resumo**

Os resíduos da construção civil (RCC) são os principais resíduos gerados na sociedade e figuram entre os maiores desafios urbanos. No Distrito Federal, esse contingente representa aproximadamente de 60% a 65% dos resíduos gerados. A avaliação da performance de sistemas de gestão de resíduos da construção civil (GRCC) é importante para o desenvolvimento de sistemas de gestão eficientes e, junto ao aumento das taxas de geração e aterramento de RCC nos últimos anos, têm aumentado a tendência de pesquisas sobre o tema. Portanto, o presente estudo tem por objetivo avaliar a sustentabilidade da GRCC no Distrito Federal (DF) pela abordagem da hierarquia da gestão de resíduos – redução, reuso e reciclagem (3Rs). A partir de estudos anteriores e do modelo de Besen *et al.* (2012), que construiu indicadores quantitativos e criou indexação de sustentabilidade, foi proposta adaptação e modelo piloto aplicável a GRCC municipais. Os resultados obtidos com o modelo piloto indicam que a tendência da GRCC do DF está desfavorável à sustentabilidade e permitem simular proposições, bem como discutir cenários resultantes de mudanças e decisões estratégicas. Com isso, é possível compreender como as ações direcionadas a um processo da GRCC impactam na sustentabilidade da gestão como um todo.

Palavras-chave: Gestão de resíduos; Resíduos da construção civil; Avaliação da sustentabilidade; Indicadores de sustentabilidade.

#### **Abstract**

*Construction and demolition waste (CDW) are the most generated waste in society and represent one of the biggest urban challenges. In the Federal District of Brazil, the percentage of CDW represents 60-65% of all generated waste in weight. The CDW management (CDWM) performance is an important asset for the development of efficient CDWM and it has been broadly researched in the*

*last few years because of waste generation and landfilling rates increase. Therefore, the aim of this study is to assess the current CDWM sustainability in the Brazilian Federal District through CDWM hierarchy perspective – reduction, reuse and recycling (3Rs). In order to achieve this aim, a pilot model for assessing municipal CDWM has been proposed based on previous studies and on the model designed by (Besen et al., 2012), which creates quantitative indicators and a sustainability index calculator. Results that reveal the unfavorable sustainability trend of current CDWM in the Brazilian Federal District allow to simulate scenarios and discuss strategic decision outcomes in order to understand how specific changes in the processes may impact on CDWM sustainability.*

*Keywords: Waste management; Construction and demolition waste; Sustainability assessment; Indicators of sustainability.*

## **Introdução**

Os resíduos da construção civil (RCC) são um dos maiores desafios enfrentados pelo poder público mundialmente e apresentam-se como um dos segmentos mais críticos no que se refere aos impactos ambientais, sendo o principal resíduo gerado na sociedade (LU e YUAN, 2011). No mundo, são geradas mais de 10 bilhões de toneladas de RCC ao ano (KABIRIFAR *et al.*, 2021). Diante desse cenário global, o Brasil gera cerca de 96 milhões de toneladas anualmente (GUIMARÃES e FIORE, 2020). No Distrito Federal, a taxa de geração de RCC variou em torno dos 1,5 milhões de toneladas nos últimos anos, dos quais 80%-85% foram destinados ao aterramento (SLU, 2022).

No Brasil, os RCC definem-se como os resíduos provenientes das construções, reformas, reparos e demolições de obras da construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (CONAMA, 2002; BRASIL, 2010a; GDF, 2013). No Distrito Federal, a gestão de RCC foi implementada em 2018, todavia é ainda considerada prática recente.

Segundo estudos anteriores, o conceito de gestão integrada dos resíduos sólidos pela ênfase na redução da geração, ao reaproveitamento e à reciclagem (3Rs) tem sido priorizado em escala global, tanto nos países ricos quanto nos mais pobres (LU e YUAN, 2011; BESEN *et al.*, 2012; HUANG *et al.*, 2018; KABIRIFAR *et al.*, 2020a; 2020b; 2021a). Além disso, as práticas dos grandes

geradores são o que mais impactam a hierarquia da gestão de RCC (GRCC), ao passo em que esta última influencia diretamente na efetividade e sustentabilidade da GRCC (WU *et al.*, 2019; KABIRIFAR *et al.*, 2021a). A hierarquia da GRCC (3Rs), no contexto deste trabalho, foi denominada hierarquia 3Rs.

Avaliar a sustentabilidade de gestão de resíduos requer compreender como ela ocorre, quais são os aspectos importantes a serem observados e estabelecer referência, se possível, com outros casos realizados em outras localidades – *benchmarking* (LU e YUAN, 2011; ESGUÍCERO *et al.*, 2021). A construção de parâmetros com base em outras cidades brasileiras, configura um âmbito de resultados e discussões característico do cenário nacional, e permite almejar metas cada vez mais apropriadas e possíveis, com o objetivo de alcançar uma gestão eficaz e eficiente do ponto de vista da sustentabilidade.

Devido aos impactos socioeconômicos e ambientais das atividades da construção civil, os RCC devem ser eficazmente gerenciados, de modo a promover benefícios para a sociedade nas mesmas dimensões (WANG *et al.*, 2019). Diante disso, a definição de indicadores pode ser muito útil para o aprimoramento da GRCC e a sua percepção em nível local, mas requer a unificação dos indicadores selecionados em um índice de fácil leitura. Essa indexação é essencial para sintetizar os impactos multidimensionais de um sistema e comunicar possíveis resultados entre diferentes cenários (YUAN, 2013; TAELMAN *et al.*, 2020).

Nesse contexto, esta pesquisa propositiva baseou-se no modelo de avaliação da sustentabilidade da coleta seletiva desenvolvido por Besen *et al.* (2011; 2012), na qual conduziram trabalhos para a identificação, a construção e a validação de indicadores de sustentabilidade para programas municipais de coleta seletiva. O objetivo foi adaptar e criar modelo piloto para avaliar a sustentabilidade da GRCC pela abordagem da hierarquia 3Rs. O modelo piloto foi aplicado ao Distrito Federal e, posteriormente, poderá ser aprimorado com a inclusão e a validação de novos indicadores, para aplicação em diferentes cidades brasileiras.

Esta avaliação tem por objetivo auxiliar na consolidação da GRCC realizada no DF e embasar a decisão dos gestores. Adicionalmente, poderá subsidiar a elaboração de políticas públicas voltadas para GRCC, contribuindo

para redirecionar as políticas e estratégias existentes, assim como as práticas do setor privado, e a avaliação e ajuste dos investimentos públicos e privados na área, otimizando os resultados.

O artigo divide-se em oito seções, incluindo esta introdução. A primeira discute a seleção de metodologia para avaliação da sustentabilidade da GRCC, a segunda faz uma breve contextualização da GRCC realizada no Distrito Federal, que é o objeto avaliado nesta pesquisa. A terceira seção descreve os procedimentos metodológicos utilizados na definição da metodologia de avaliação escolhida para atingir o objetivo desta pesquisa, enquanto a quarta seção comenta as limitações do estudo. Os resultados, discussões e conclusão são apresentados na quinta, sexta e sétima seções, respectivamente.

## **1. Seleção de metodologia para avaliação da sustentabilidade da GRCC**

### *1.1. Seleção de métodos*

A maioria dos estudos que propõem métodos de avaliação de GRCC acabam focando em um aspecto, em detrimento de outros. Em contraposição, alguns estudos são muito genéricos, não abordando indicadores de impacto (TAELMAN *et al.*, 2020). Dentre os estudos mais abrangentes, destacam-se os realizados por Huang *et al.* (2018), Wu *et al.* (2019), Esguícero *et al.* (2021) e Kabirifar *et al.* (2020b; 2020b; 2021a).

A partir da estrutura metodológica proposta por Wu *et al.* (2019) e do modelo referencial definido por Esguícero *et al.* (2021), buscou-se identificar os processos da GRCC realizada no DF. A estrutura conceitual de Kabirifar *et al.* (2020a) e a experiência realizada por Huang *et al.* (2018), tendo a hierarquia da GRCC como um dos principais fatores de contribuição para GRCC efetiva e sustentável, orientaram esta pesquisa na avaliação da sustentabilidade da GRCC do DF, com enfoque nos processos relativos aos 3Rs.

### *1.2. Seleção de critérios*

Considerando que a GRCC efetiva é um processo integral que abrange os aspectos econômico, social e ambiental para atingir a sustentabilidade (YUAN, 2013), buscou-se selecionar critérios que refletem estes três pilares.

Sobretudo, buscaram-se os critérios que possuem relação com a hierarquia 3Rs – redução, reuso e reciclagem.

Inicialmente, identificaram-se e adaptaram-se cinco critérios (Quadro 1) como fatores de contribuição para a hierarquia 3Rs, que foram incluídos como indicadores na matriz do cálculo da sustentabilidade da GRCC, de forma análoga à avaliação da coleta seletiva proposta por Besen *et al.* (2011; 2012).

**Quadro 1**

Critérios definidos para a avaliação de GRCC.

Nº.	Critério	3Rs	Dimensão	Referências	Ano
1.	Taxa de Geração de RCC (TG-RCC)	Redução	Ambiental Econômica Social	Azevedo <i>et al.</i> Lu e Yuan Lu <i>et al.</i> Yuan	(2006) (2011) (2011) (2013)
2.	Taxa de Recuperação / desvio de RCC (TD-RCC)	Reuso Reciclagem	Ambiental Social Econômica Institucional	Meira <i>et al.</i> Besen <i>et al.</i> Yuan Ratnasabapathy <i>et al.</i> Esgúicero <i>et al.</i>	(2007) (2012) (2013) (2020) (2021)
3.	Taxa de Aterramento de Rejeitos (TA-RCC)	Redução Reuso Reciclagem	Ambiental Econômica Social	Meira <i>et al.</i> Besen <i>et al.</i> Yuan	(2007) (2012) (2013)
4.	Custo do manejo RCC para reaproveitamento / Custo do serviço s/ triagem	Redução Reuso Reciclagem	Ambiental Econômica Social	Besen <i>et al.</i> Yuan	(2012) (2013)
5.	Parcerias	Redução Reuso Reciclagem	Social Econômica Institucional	Besen <i>et al.</i>	(2012)

Fonte: Adaptação de Besen (2011) pela autora, 2023.

De forma análoga à coleta seletiva de materiais recicláveis, a GRCC e a hierarquia dos 3Rs contribuem com a sustentabilidade econômica, ambiental e social, pois se constituem em estratégias de redução de impacto nos ecossistemas e na biodiversidade. No âmbito social, têm o potencial da geração de empregos e renda (BESEN, 2011; LU e YUAN, 2011; YUAN, 2013; KABIRIFAR *et al.*, 2021; GUIMARÃES e FIORE, 2020; PAZ *et al.*, 2020). Por isso, considerando a coleta de RCC como uma categoria de “coletiva seletiva”,

o estudo de Besen (2011) foi considerado apropriado e adaptável à GRCC, sob a forma de uma adaptação simplificada a um modelo piloto.

Os cinco critérios selecionados expressam as seguintes características:

1. Taxa de Geração de RCC (TG-RCC) – Indicador quantitativo e comparável, básico na compreensão e avaliação da performance econômica, ambiental e social da GRCC. Possibilita investigar diferentes práticas de GRCC, contribui para conscientizar a população e auxilia os agentes públicos e da construção civil na elaboração de estratégias para GRCC que impactam na recuperação desses resíduos;
2. Taxa de Recuperação/Desvio de RCC (TD-RCC) – Expressa a quantidade de resíduos que é recuperada para reutilização ou reciclagem, sendo desviada da destinação final no aterro. É um importante indicador da aplicação de estratégias de reuso e reciclagem;
3. Taxa de Aterramento de Rejeitos (TA-RCC) – Expressa a quantidade de resíduos que não pôde ser recuperada e, portanto, recebeu destinação final. A taxa pode ser considerada um indicador da efetividade da GRCC sob a ótica dos 3Rs, pois denota a eficiência da segregação de RCC na fonte e na triagem;
4. Custo da GRCC com triagem / Custo da GRCC sem triagem – Expressa a relação custo-benefício da triagem face à GRCC sem a realização de triagem, uma vez que a quantidade aterrada incluirá os RCC que seriam desviados do aterramento.
5. Parcerias – Expressam de forma direta a inclusão social com a participação das cooperativas e associações de reciclagem, conforme disposto pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010).

### 1.3. Seleção de indicadores

Estudos anteriores (LU *et al.*, 2011; BESEN *et al.* 2012; YUAN, 2013; GUIMARÃES e FIORE, 2020; RATNASABAPATHY *et al.*, 2020; KABIRIFAR *et al.*, 2020a; 2020b; 2021a) exploraram indicadores de efetividade de gestão de RCC, uns de forma individual, outros de forma mais abrangente. Destes, destaca-se Yuan (2013), que realizou pesquisa na qual identificou trinta

indicadores-chave que afetam a efetividade da GRCC a partir de uma perspectiva holística, considerando todos os aspectos da sustentabilidade.

Os indicadores selecionados para o modelo proposto nesta pesquisa refletem a sustentabilidade e a efetividade da GRCC. A partir dos critérios aplicados à coleta seletiva (BESSEN, 2011), foi feita seleção, adaptação e complementação dos critérios à GRCC e ao presente estudo de caso. Os critérios quantitativos foram atribuídos a uma matriz de sustentabilidade que definiu e agrupou os indicadores, permitindo calcular o índice de sustentabilidade da GRCC no DF, nos moldes de como é feito o cálculo por Besen *et al.* (2011; 2012), no caso da coleta seletiva. Ressalta-se que apenas os critérios relativos aos 3Rs e quantificáveis a partir dos dados disponíveis foram considerados para a avaliação da GRCC proposta no modelo piloto.

## 2. O Distrito Federal e a GRCC

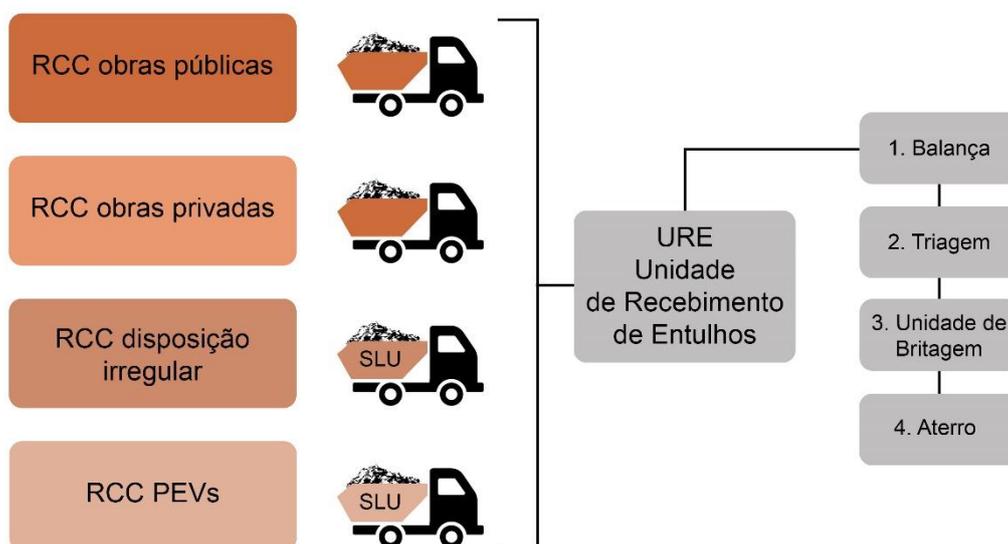
O Distrito Federal (DF) é integrado atualmente por 33 regiões administrativas (RAs) – que equivalem a subprefeituras de cidades metropolitanas –, e possui uma população de cerca de 3 milhões de habitantes, uma economia em que predomina o terceiro setor, e apresenta renda *per capita* de aproximadamente 3.000 reais (CODEPLAN, 2023). Possui Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PDGIRS, 2018) e Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos (PIGRCC, 2013), embora este último esteja pendente de revisão há quase dez anos.

Em relação à GRCC, esta somente foi implantada no DF em 2018, a partir do encerramento das atividades do Aterro Controlado do Jóquei (ACJ). Até então, o ACJ recebia todo resíduo sólido urbano gerado no DF, mas passou a operar como Unidade de Recebimento de Entulhos (URE) – infraestrutura pertencente ao Serviço de Limpeza Urbana (SLU), autarquia pública responsável pela execução do manejo, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, incluindo os RCC. Ali, passou a receber entulhos da construção civil, podas e volumosos, desde 29 de janeiro daquele ano (SLU, 2018, 2021). Na URE, realizam-se triagem, processamento dos resíduos, beneficiamento de produtos agregados reciclados e, por fim, aterramento dos rejeitos. Com isso, os RCC

passaram a receber tratamento diferenciado dos resíduos sólidos urbanos, o que representou evolução no serviço de limpeza urbana no DF.

A partir do mesmo ano, o SLU começou a implantar pontos de entrega voluntária (PEV), também denominados de “papa-entulho”, onde resíduos volumosos, podas e entulhos da construção civil podem ser dispostos pela população. Esses pontos limitam-se ao recebimento de 1 m<sup>3</sup> de resíduos/cidadão/dia, e, portanto, não recebem os resíduos provenientes dos grandes geradores de RCC.

**Figura 1**  
Fluxo do RCC no DF.



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

A coleta realizada pelo SLU abrange os RCC oriundos dos PEV e da disposição irregular. A URE, por sua vez, recebe os RCC coletados pelo SLU, além dos oriundos das obras públicas e privadas dos grandes geradores. Estes últimos são responsáveis pelo resíduo gerado e devem destiná-los à URE por meio das transportadoras cadastradas no sistema eletrônico de resíduos da construção civil do SLU.

### 3. Procedimentos metodológicos

A partir de estudos anteriores (YUAN, 2013; HUANG *et al.*, 2018; WU *et al.*, 2019; ESGUÍCERO *et al.*, 2021; KABIRIFAR *et al.*, 2020a) e do modelo proposto por Besen *et al.* (2011; 2012), identificaram-se os indicadores mais

relevantes e aplicáveis a GRCC, orientada pela melhoria das estratégias relacionadas à hierarquia 3Rs e aos aspectos econômico, ambiental e social. Neste estudo, a GRCC foi considerada como o conjunto de ações e medidas tomadas para a realização de incentivos de redução de geração, reuso e reciclagem de RCC (hierarquia 3Rs), coleta e destinação final de resíduos (BESEN *et al.*, 2012; HUANG *et al.*, 2018; KABIRIFAR *et al.*, 2020a).

Após a seleção dos critérios e indicadores, foi elaborada matriz de cálculo da sustentabilidade de GRCC, em coerência com a realidade nacional e a abordagem pela hierarquia 3Rs. A partir da identificação de indicadores de sustentabilidade caracterizados por (a) representatividade, (b) comparabilidade, (c) acessibilidade dos dados, (d) clareza e síntese e (e) previsão e metas, considerou-se que a adaptação do instrumento elaborado se tornou facilmente replicável.

Para a definição dos parâmetros de referência na avaliação do objeto de estudo, foi selecionada base de dados através de *benchmarking*, que buscou comparar as práticas de GRCC das municipalidades consultadas (ESGUÍCERO *et al.*, 2021). Foram solicitados os seguintes dados (Quadro 2) às plataformas de acesso à informação ao cidadão das seguintes cidades – e-SIC:

**Quadro 2**  
Dados solicitados aos Portais da Transparência – e-SIC.

Nº.	Dado	Discriminação	Ano referência
a.	Custo total da coleta de RCC	Por tipo de coleta (manual ou mecanizada); Por mês de operação e total/ano.	2021 e 2022
b.	Quantidade total de RCC coletada	Por tipo de coleta (manual ou mecanizada); Por mês de operação e total/ano.	2021 e 2022
c.	Quantidade total de RCC aterrado	Por mês de operação e total/ano.	2021 e 2022
d.	Custo do aterramento de RCC	Por mês de operação e total/ano.	2021 e 2022
e.	Quantidade total de RCC triada e recuperada	Por mês de operação e total/ano.	2021 e 2022
f.	Custo do manejo/triagem para reaproveitamento/reciclagem	Por mês de operação e total/ano.	2021 e 2022

Continuação

g. Número de parcerias com cooperativas e/ou empresas de reciclagem	Para destinação dos resíduos destinados ao reaproveitamento e reciclagem, caso haja o envolvimento de cooperativas de catadores de resíduos nas operações de triagem.	2021 e 2022
---	---	-------------

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

As solicitações foram efetivamente destinadas a vinte e três capitais brasileiras, pois três delas – Rio de Janeiro, Boa Vista e Palmas – apresentaram problemas técnicos no Portal da Transparência, impossibilitando concluir a solicitação. O Distrito Federal foi consultado por meio dos relatórios publicados pelo SLU, mas foi incluído no Quadro 3, que apresenta o sumário das cidades solicitadas (por ordem de tamanho populacional), das respondentes e da qualidade das respostas quanto aos dados solicitados.

**Quadro 3**

Sumário das cidades solicitadas para a coleta de dados – *benchmarking*.

Capital	Estado	Resposta e-SIC	Qualidade da resposta
<b>25. São Paulo</b>	<b>SP</b>	<b>Sim</b>	Incompleta. Forneceu 3/7 dos dados referentes a 2022, referente a um único contrato de serviço.
<b>26. Salvador</b>	<b>BA</b>	<b>Sim</b>	Incompleta. Forneceu 4/7 dos dados.
<b>27. Distrito Federal</b>	<b>DF</b>	-	Relatórios SLU (2021; 2022).
<b>28. Fortaleza</b>	<b>CE</b>	<b>Sim</b>	Incompleta. Forneceu 2/7 dos dados.
<b>29. Belo Horizonte</b>	<b>MG</b>	<b>Sim</b>	Incompleta. Forneceu 5/7 dos dados, referentes ao ano de 2021.
30. Manaus	AM	Sim	Não forneceu dados.
<b>31. Curitiba</b>	<b>PR</b>	<b>Sim</b>	Não forneceu dados consistentes. A coleta separada de RCC se iniciou em 2022.
<b>32. Recife</b>	<b>PE</b>	<b>Sim</b>	Incompleta. Forneceu 4/7 dos dados.
33. Goiânia	GO	Não	-
34. Belém	PA	Não	-
35. Porto Alegre	RS	Sim	Não forneceu dados.
36. São Luís	MA	Não	-
37. Maceió	AL	Não	-
38. Campo Grande	MS	Não	-
39. Natal	RN	Não	-

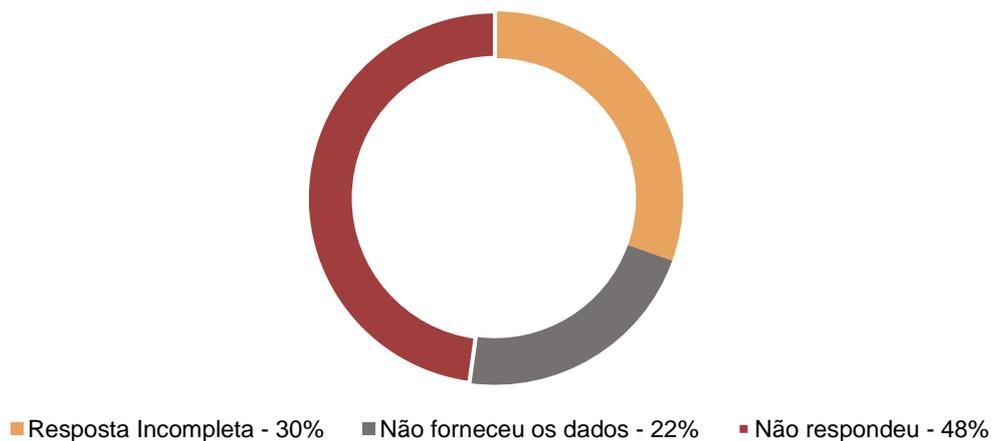
Continuação

40. Teresina	PI	Não	-
41. João Pessoa	PB	Sim	Não forneceu dados.
42. Aracaju	SE	Não	-
43. Cuiabá	MT	Não	-
44. Porto Velho	RO	Sim	Não forneceu dados.
45. Macapá	AP	Não	-
<b>46. Florianópolis</b>	<b>SC</b>	<b>Sim</b>	Incompleta. Forneceu 6/7 dos dados.
47. Rio Branco	AC	Não	-
48. Vitória	ES	Sim	Não forneceu dados.

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

De todas as capitais solicitadas, 30% encaminharam resposta, apresentando parte dos dados solicitados. As demais não responderam, ou não responderam mediante os dados (Figura 2).

**Figura 2**  
Solicitações e-SIC.



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

A consolidação dos dados recebidos compreendeu quatro etapas:

- 1) De início, todos os dados referentes às GRCC municipais recebidos foram tabulados separadamente por cidade. Nesta etapa, foram calculados as Taxas de Recuperação de RCC (TD-RCC – indicador 1), Taxa de Aterramento de RCC (TA-RCC – indicador 2), o Custo total da coleta de RCC / tonelada (indicador 3) e o percentual do Custo da GRCC com realização da triagem para recuperação de RCC em relação ao Custo da GRCC sem triagem (indicador 4);

- 2) Em seguida, foram selecionadas as cidades que apresentaram os dados mais robustos. A cidade de São Paulo foi excluída da lista de referências, pois esta apresentou somente os dados correspondentes à (b) quantidade coletada de RCC, ao (f) custo do manejo de RCC para reaproveitamento e ao (d) custo do aterramento de RCC, relativos aos Pontos de Entrega Voluntária. Com isso, os dados faltantes impossibilitaram a análise sobre o custo da coleta e a taxa de recuperação de RCC em São Paulo. Após essa análise preliminar, os dados selecionados foram novamente tabulados no campo correspondente, conforme Tabela 1;
- 3) Posteriormente, foram calculadas as médias aritméticas inferiores e superiores de cada indicador. Para isso, os dados foram organizados em ordem crescente e o grupo dos valores inferiores teve sua média calculada, assim como o grupo dos valores superiores, obtendo-se duas médias referentes a cada ano (2021-2022), conforme Tabela 2;
- 4) Por fim, foi calculada a média aritmética entre as médias anuais do cálculo anterior, conforme Tabela 2. As médias finais obtidas foram utilizadas como parâmetros “Desfavorável” e “Muito favorável”, que indicam a “Tendência à sustentabilidade” da matriz de indicadores (Quadro 4).

O *benchmarking* realizado evidenciou o fato de que cada municipalidade possui peculiaridades na sua GRCC e formas diferentes de considerar os custos, bem como a quantidade de RCC coletada. Assim, os dados informados não especificaram quais custos foram considerados no cálculo (por exemplo, custos operacionais, planejamento e encargos sociais). Diante disso, os valores de referência inseridos na matriz representam cenários, mas não podem ser lidos como valores precisos, uma vez que não houve processo de validação dos mesmos nesta pesquisa.

Os critérios elencados no Quadro 1 foram atribuídos aos indicadores da matriz de sustentabilidade, que permitiram calcular o índice de sustentabilidade da GRCC do DF. O cálculo do índice de sustentabilidade possibilita a hierarquização dos municípios onde a gestão de resíduos está sendo avaliada e sintetiza o conjunto de indicadores utilizados, traduzindo a realidade do sistema de GRCC avaliado, no ano correspondente aos dados inseridos.

**Tabela 1**

Consolidação dos dados a partir do *benchmarking* de GRCC – Etapa 1.

	Distrito Federal*	Salvador <sup>1</sup>	Fortaleza <sup>2</sup>	Belo Horizonte <sup>3</sup>	Recife	Florianópolis
<b>Custo coleta RCC (R\$)</b>						
2021	R\$ 28.202.215,86	R\$ 16.844.739,45	R\$ 16.431.137,79	-	R\$ 4.990.850,87	R\$ 2.901.347,40
2022	R\$ 35.608.038,28	R\$ 12.859.769,78	R\$ 13.870.989,40	-	R\$ 5.306.753,61	R\$ 3.321.976,98
<b>Custo coleta / t (R\$/t)</b>						
2021	R\$ 44,41	R\$ 23,00	R\$ 44,46	R\$ 115,39	R\$ 42,53	R\$ 419,50
2022	R\$ 75,81	R\$ 23,59	R\$ 47,18	-	R\$ 38,00	R\$ 500,07
<b>Quantidade coletada RCC (t)</b>						
2021	1.462.757,20	732.479,92	369.599,75	169.046,26	117.348,97	6.916,27
2022	1.114.661,86	545.148,54	294.025,80	162.308,07	139.641,58	6.643,03
<b>Custo manejo reaproveitamento / triagem (R\$)</b>						
2021	R\$ 17,53	-	-	R\$ 60,23	-	R\$ 45,19
2022	R\$ 18,81	-	-	-	-	R\$ 55,23
<b>Custo aterramento RCC (R\$)</b>						
2021	R\$ 30,42	-	-	R\$ 46,19	R\$ 41,70	-
2022	R\$ 32,14	-	-	R\$ 54,22	R\$ 43,89	-
<b>Taxa de recuperação RCC (%)</b>						
2021	20,76%	2,57%	-	12,02%	-	39,11%
2022	19,15%	3,46%	-	2,49%	-	84,38%
<b>Parcerias Cooperativas</b>						
	Sim	-	-	Não	-	Não

<sup>1</sup> Os dados informados sobre o Distrito Federal e Salvador, no ano de 2022, correspondem ao período Janeiro-Setembro.

<sup>2</sup> Os dados informados sobre Fortaleza, no ano de 2022, correspondem ao período Janeiro-Novembro.

<sup>3</sup> Os dados informados sobre Belo Horizonte, no ano de 2022, correspondem ao período Janeiro-Outubro.

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

**Tabela 2**

Consolidação dos dados a partir do *benchmarking* de GRCC – Etapas 2 e 3 - Parâmetros de referência.

	Média anual Inferior*	Média anual Superior*
<b>Taxa de Recuperação RCC (TD-RCC %)</b>		
2021	10%	30%
2022	5%	50%
<b>Média 2021-2022</b>	<b>7,50%</b>	<b>40%</b>
<b>Taxa de Aterramento RCC (TA-RCC %)</b>		
2021	70%	90%
2022	50%	95%
<b>Média 2021-2022</b>	<b>60%</b>	<b>92,50%</b>
<b>Custo coleta / t (R\$/t)</b>		
2021	R\$ 35,00	R\$ 195,00
2022	R\$ 35,00	R\$ 210,00
<b>Média 2021-2022</b>	<b>R\$ 35,00</b>	<b>R\$ 202,50</b>
<b>Custo GRCC c/ triagem / Custo GRCC s/ triagem (%) *</b>		
2021	110%	160%
2022	110%	130%
<b>Média 2021-2022</b>	<b>110%</b>	<b>160%</b>

\* Para o cálculo das médias inferiores e superiores, todos os dados consolidados foram dispostos em ordem crescente, onde calculou-se a média dos valores menores e a média dos valores maiores. Nos casos em que o número total de dados era ímpar, o valor central foi computado nas duas médias.

\*\* Foram aplicados os valores médios obtidos referentes ao custo de triagem e ao custo de aterramento para preencher as lacunas no cálculo para as cidades que não apresentaram estes dados.

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

Para o cálculo do índice de sustentabilidade, o valor numérico do índice de sustentabilidade resulta da somatória da multiplicação entre o valor obtido na tendência à sustentabilidade (Desfavorável: 0; Favorável: 0,5; ou Muito favorável: 1) e o peso atribuído aos indicadores, dividido pela somatória dos pesos atribuídos. Os índices de sustentabilidade foram obtidos pela fórmula:

$$I_i = \frac{\sum v_i \times p_i}{\sum p}$$

Em que:

$I_i$  = índice

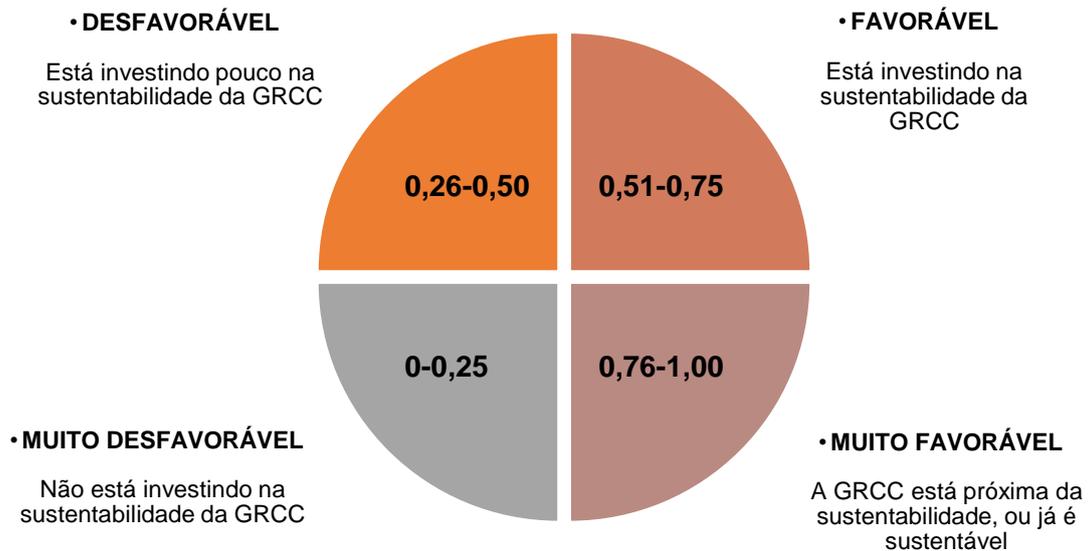
$\sum$  = somatória

$V_i$  = valor da tendência à sustentabilidade do indicador

$P_i$  = peso atribuído ao indicador  $i$  (ponderação dos especialistas na aplicação à coleta seletiva)

O índice resulta da média ponderada entre os indicadores e traduzem-se em graus de sustentabilidade definidos em quatro intervalos de valores para o respectivo índice, que variam de 0 a 1 e definem quatro condições em relação à sustentabilidade – “Radar da Sustentabilidade”:

**Figura 3**  
Radar da Sustentabilidade.



Fonte: Adaptada de Besen (2011) pela autora, 2023.

O resultado obtido no cálculo da matriz deve ser comparado aos quadrantes do “Radar da Sustentabilidade” (Figura 3) para enquadramento ao cenário identificado. Na seção dos Resultados, aplica-se a matriz ao caso do Distrito Federal, em estudo (Quadro 5).

#### Quadro 4

Matriz de indicadores de sustentabilidade aplicáveis à GRCC.

Indicadores	Modo de medição	Tendência à sustentabilidade			Peso	V	VF
		Muito Favorável	Favorável	Desfavorável			
6. Taxa de Recuperação de RCC (TD-RCC) *	$\frac{\text{Quantidade coleta de RCC (t)} - \text{Q. rejeito}}{\text{Quantidade coleta RCC (t)}} \times 100$	$\geq 40\%$	$40\% > x > 7,5\%$	$\leq 7,5\%$	0,89		
7. Taxa de Aterramento de Rejeitos (TA-RCC) *	$\frac{\text{Q. rejeito / aterrada}}{\text{Quantidade coleta RCC (t)}} \times 100$	$\leq 60\%$	$60\% < x < 92,50\%$	$> 92,50\%$	0,87		
8. Custo total do serviço / tonelada *	$\frac{\text{Custo total da coleta de RCC (R\$)}}{\text{Quantidade coleta RCC (t)}} \times 100$	$\leq \text{R\$ } 35/\text{t}$	$\text{R\$ } 35/\text{t} > x < \text{R\$ } 202,50/\text{t}$	$\geq \text{R\$ } 202,50/\text{t}$	0,82		
9. Custo GRCC c/ triagem / Custo GRCC s/ triagem *	$\frac{\text{Custo manejo RCC reaproveitamento} + \text{Custo coleta RCC} + \text{Custo Aterramento (R\$/t)}}{\text{Custo coleta RCC} + \text{Custo Aterramento (R\$/t)}} \times 100$	$\leq 110\%$	$110\% > x < 160\%$	$\geq 160\%$	0,81		
10. Parcerias	Existente ou Inexistente	Há	Há previsão	Não há	0,62		

\* Os valores de referência utilizados referem-se à média entre os anos 2021-2022, do Distrito Federal e das cidades de Salvador, Fortaleza, Belo Horizonte, Recife e Florianópolis.

Fonte: Adaptado de Besen (2011) pela autora, 2023.

A aplicação do modelo piloto proposto ao estudo de caso da GRCC do DF será apresentada com seus respectivos resultados no item 5. Resultados.

#### 4. Limitações da pesquisa

Devido ao baixo índice de respostas obtidas junto às capitais federais, a abrangência referencial de dados para a definição dos parâmetros da matriz de indicadores utilizada na avaliação da sustentabilidade da GRCC do Distrito Federal reflete um recorte (30%) da realidade das capitais brasileiras. Com isso, tal avaliação fica restrita à amostragem de seis capitais – nela incluída o Distrito Federal, estudo de caso avaliado – em vez do contexto nacional mais amplo.

#### 5. Resultados

Os indicadores do Distrito Federal foram calculados a partir da média dos valores referentes a 2021-2022. Os resultados foram: **1.** 19,95%; **2.** 80,05%; **3.** R\$ 60,11; **4.** 121,16%; e **5.** Não há.

Aplicando-se os resultados obtidos no Quadro 5 à fórmula do cálculo do índice de sustentabilidade, obtêm-se:

$$I = \frac{0,45 + 0,44 + 0,41 + 0,41 + 0}{0,89 + 0,87 + 0,82 + 0,81 + 0,62} = \mathbf{0,42}$$

O resultado obtido enquadra-se no intervalo de 0,26 a 0,50, caracterizado como desfavorável, por “estar investindo pouco na sustentabilidade da GRCC”, conforme Radar da Sustentabilidade apresentado anteriormente (Figura 3).

### Quadro 5

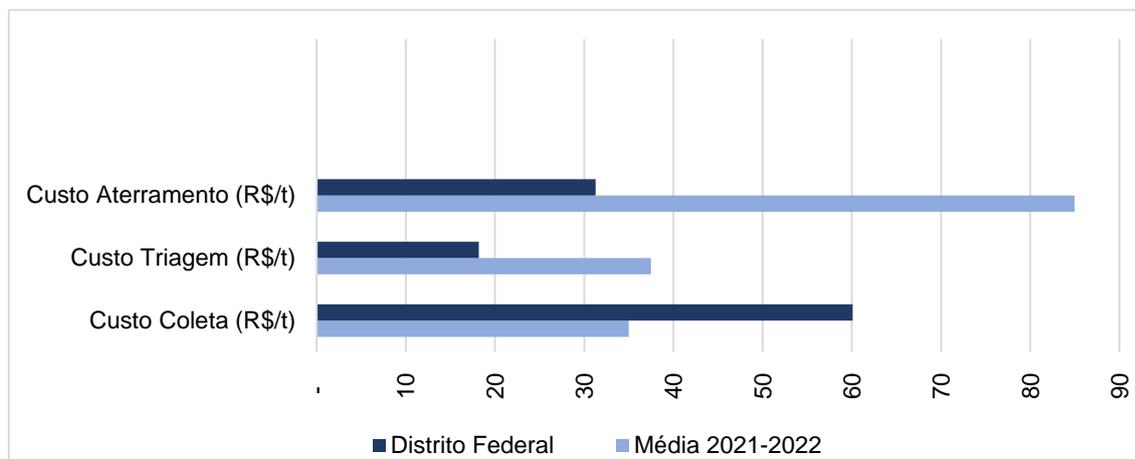
Aplicação do modelo ao Distrito Federal.

Indicadores	Modo de medição	Tendência à sustentabilidade			Peso	V	VF
		Muito Favorável	Favorável	Desfavorável			
1. Taxa de Recuperação de RCC (TD-RCC) *	$\frac{\text{Quantidade coleta de RCC (t)} - \text{Q. rejeito}}{\text{Quantidade coleta RCC (t)}} \times 100 = \mathbf{19,95\%}$	$\geq 40\%$	$40\% > x > 7,5\%$	$\leq 7,5\%$	0,89	<b>0,5</b>	<b>0,45</b>
2. Taxa de Aterramento de Rejeitos (TA-RCC) *	$\frac{\text{Q. rejeito / aterrada}}{\text{Quantidade coleta RCC (t)}} \times 100 = \mathbf{80,05\%}$	$\leq 60\%$	$60\% < x < 92,50\%$	$> 92,50\%$	0,87	<b>0,5</b>	<b>0,44</b>
3. Custo total do serviço / tonelada *	$\frac{\text{Custo total da coleta de RCC (R\$)}}{\text{Quantidade coleta RCC (t)}} \times 100 = \mathbf{R\$ 60,11}$	$\leq \text{R\$ } 35/\text{t}$	$\text{R\$ } 35/\text{t} > x < \text{R\$ } 202,50/\text{t}$	$\geq \text{R\$ } 202,50/\text{t}$	0,82	<b>0,5</b>	<b>0,41</b>
4. Custo GRCC c/ triagem / Custo GRCC s/ triagem *	$\frac{\text{Custo manejo RCC recuperação} + \text{Custo coleta RCC} + \text{Custo Aterramento (R\$/t)}}{\text{Custo coleta RCC} + \text{Custo Aterramento (R\$/t)}} \times 100 = \mathbf{121,16\%}$	$\leq 110\%$	$110\% > x < 160\%$	$\geq 160\%$	0,81	<b>0,5</b>	<b>0,41</b>
5. Parcerias	<b>Inexistente</b>	Há	Há previsão	Não há	0,62	<b>0</b>	<b>0</b>

\* Os valores de referência utilizados referem-se à média entre os anos 2021-2022, do Distrito Federal, e das cidades de Salvador, Fortaleza, Belo Horizonte, Recife e Florianópolis.

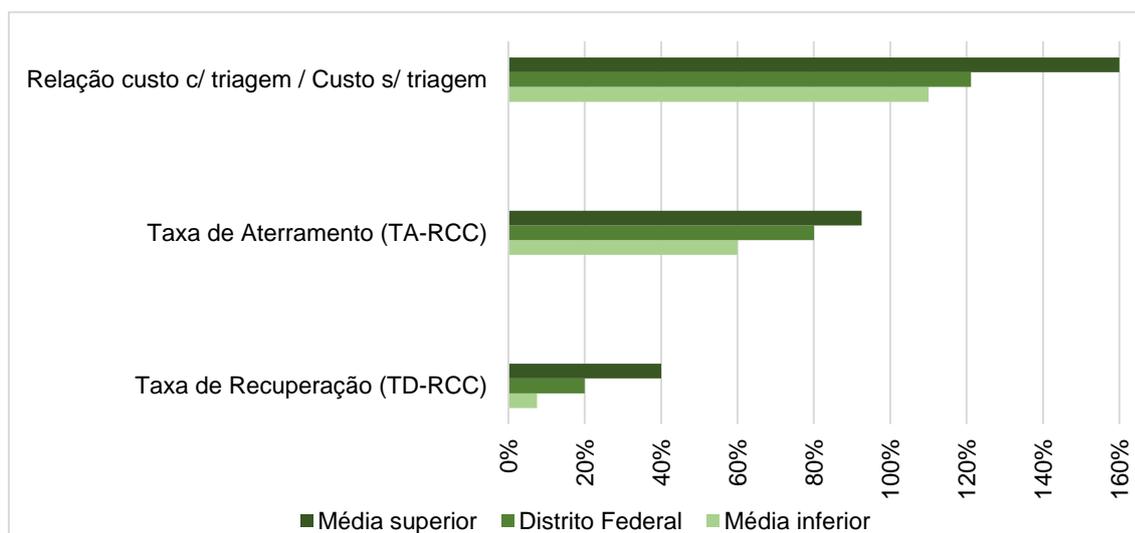
Fonte: Adaptado de Besen (2011) pela autora, 2023.

**Figura 4**  
Custos das etapas da GRCC do DF em relação às médias bianuais (2021-2022).



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

**Figura 5**  
Enquadramento dos indicadores da GRCC do DF em relação às médias bianuais (2021-2022).



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

## 6. Discussão

A experiência do *benchmarking* revelou as diferenças entre as GRCC implementadas nas capitais analisadas, uma vez que o objetivo desta etapa é comparar as práticas, ações e estratégias desenvolvidas em outras cidades (ESGUÍCERO *et al.*, 2021). A amostragem referencial obtida nesta pesquisa foi representada por uma capital da região Centro-Oeste, três capitais do Nordeste, uma do Sudeste e uma da região Sul. Infelizmente, a amostragem não contou com uma representante da região Norte.

Apesar disso, foi possível observar os seguintes aspectos a partir do panorama apresentado na Tabela 1:

### 6.1. *Florianópolis*

Destacam-se os dados apresentados por Florianópolis quanto às taxas de recuperação de RCC e ao alto custo da coleta por tonelada referente aos dois anos. A capital apresentou as maiores taxas de recuperação de RCC, que passou de quase 40% para 85% entre 2021 e 2022. Tal acréscimo sugere a implementação de medidas de intensificação na segregação dos RCC na fonte geradora, mas principalmente na triagem dos resíduos, realizada pela GRCC pública.

Na resposta à solicitação do e-SIC, foi informado que os agregados triados são destinados a empresas parceiras para britagem e reutilização como agregado reciclado. A existência de parcerias com empresas de reciclagem de RCC denota a priorização da municipalidade por investimentos em triagem no lugar da reciclagem, deixando esta última etapa da hierarquia dos 3Rs a cargo da iniciativa privada. Tal estratégia demonstra que os esforços foram bem sucedidos diante dos dados analisados.

No entanto, considerando-se o alto custo da coleta por tonelada, bem como a restrita rede de PEVs implantados na cidade – cinco Ecopontos operam atualmente (e-SIC) – infere-se o problema enfrentado pelo município com potenciais disposições irregulares e a necessidade de ampliação da rede de PEVs, com o objetivo de tornar a coleta de RCC mais acessível ao pequeno gerador.

### 6.2. *Belo Horizonte*

Apesar de Belo Horizonte ser considerada pioneira e exemplo em GRCC no contexto brasileiro devido à experiência desde os anos 1990 (SILVA *et al.*, 2006), poucos foram os dados obtidos da municipalidade. Na Tabela 1, ressaltam as taxas de recuperação de RCC muito baixas, as quais não foram possíveis de compreender e justificar com as informações e dados obtidos na resposta encaminhada pelo município.

O estudo de caso realizado por Silva *et al.* (2006), demonstrou que a coleta da disposição irregular, no ano de 2006, representava 150% do custo da coleta dos PEVs – em Belo Horizonte, denominados de URPVs –, evidenciando a vantagem

econômica, social e ambiental que ações voltadas para a ampliação da rede de PEVs teriam em relação à coleta corretiva. Atualmente, segundo informado pelo município (e-SIC), os custos das duas coletas foram equiparados. Com isso, o aspecto econômico na decisão sobre investimentos estratégicos voltados para a ampliação da rede de PEVs deve considerar os impactos ambientais e sociais inerentes e, com isso, os custos decorrentes desses impactos, uma vez que as URPVs contam com integração dos carroceiros, promovendo inclusão social (SILVA *et al.*, 2006). Por outro lado, a disposição irregular causa impactos ambientais e à saúde da população, acarretando em custos indiretos que também devem ser previstos.

### 6.3. *Salvador, Fortaleza e Recife*

As três capitais nordestinas somente apresentaram dados consistentes sobre o custo da coleta e a quantidade coletada de RCC. Com isso, observa-se que Fortaleza e Recife praticam custos muito próximos, os quais diferem de Salvador, que se apresentou como o mais baixo de todos. Salvador ainda informou dados sobre a recuperação de RCC, que se manteve abaixo dos 5% nos dois anos analisados, considerado muito abaixo do desejável.

### 6.4. *Distrito Federal*

De todas as capitais, o Distrito Federal foi o que mais possuía dados disponíveis publicamente. Sendo o caso em estudo, foi a primeira cidade analisada, a partir da qual selecionaram-se os dados solicitados às demais. A obtenção completa dos dados, então, permite uma interpretação mais aprofundada e o estabelecimento de relações entre os indicadores, especulando e compreendendo relações de causa e efeito entre os mesmos.

De imediato, constata-se que as taxas de recuperação (TD-RCC) são das melhores encontradas no *benchmarking*, mantendo-se em torno dos 20%, abaixo apenas de Florianópolis. Em contrapartida, observa-se que o custo do aterramento de rejeitos foi o mais baixo de todos, em comparação às outras capitais, possibilitando a hipótese de que o baixo custo pode desestimular os esforços na redução da taxa de aterramento – que ainda se encontra próxima a 80%. No contexto brasileiro estabelecido com a consolidação do *benchmarking* (Quadro 5), verifica-se que a taxa de aterramento se enquadra na média “favorável”, mas a análise individual do caso

expressa o quanto a TD-RCC está abaixo de seu potencial, considerando que a porcentagem pode atingir cerca de 70%-95% em países desenvolvidos como Austrália, Estados Unidos, Dinamarca, Coreia do Sul, Cingapura, Japão e Alemanha (HUANG *et al.*, 2018; RATNASABAPATHY *et al.*, 2020). Nesse sentido, cabe ressaltar que importantes aspectos para o incentivo ao aumento da taxa de recuperação e à diminuição da taxa de aterramento são o custo e a disponibilidade de solo para a implantação de aterros, bem como a disponibilidade de insumos locais e a existência de indústria da reciclagem.

O custo da coleta é o único que se encontra acima da média, com valor médio próximo aos R\$ 60 (Figura 4). Diante disso, depreende-se o alto custo e volume da coleta corretiva da disposição irregular, que é um dos maiores problemas enfrentados no DF. Em contrapartida, observa-se que o custo da triagem é o mais baixo de todos os apresentados – cerca de metade do valor médio –, expressando a potencialidade da priorização desse processo, com a ampliação da equipe de triagem na URE, bem como a produção de agregados reciclados. A Figura 5 permite concluir que, em relação aos indicadores 1. Taxa de Recuperação de RCC (TD-RCC), 2. Taxa de Aterramento de Rejeitos e 4. Custo GRCC c/ triagem / Custo GRCC s/ triagem, o DF se encontra na média identificada pelo *benchmarking*, apesar do enquadramento da sua GRCC no cenário desfavorável à sustentabilidade.

Além da interpretação da realidade da GRCC do DF, a aplicação dos cálculos da matriz de indicadores (Quadro 5) ainda possibilitou estudar possíveis cenários a partir da alteração dos seus valores. Esse exercício permitiu identificar, por exemplo, que a implementação de parcerias com cooperativas e associações de reciclagem já modificaria o resultado, colocando o DF no cenário “favorável” à sustentabilidade da GRCC, com a obtenção de um índice de sustentabilidade de 0,58.

Outra possibilidade para elevar a GRCC do DF ao cenário favorável à sustentabilidade seria a de investir na ampliação da triagem dos RCC, de modo a aumentar a taxa de recuperação (TD-RCC) acima dos 50% e reduzir a taxa de aterramento (TA-RCC), de forma inversamente proporcional. Com isso, o resultado seria um índice de 0,74, correspondente ao limiar entre o “favorável” e o “muito favorável”. Ainda, o cenário em que a TD-RCC e TA-RCC sejam de 50% combinado com a implementação de parcerias para triagem resultaria num índice de 0,90, que corresponde a uma tendência “muito favorável” à sustentabilidade.

## 7. Conclusão

Diante das discrepâncias dos indicadores de GRCC encontrados a partir da experiência do *benchmarking*, conclui-se pela necessidade de urgente regulamentação e padronização da quantificação desses indicadores nos municípios, para atendimento ao disposto pela PNRS (Art. 12, Lei nº. 12.305/2010), sobre a manutenção do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), que é uma ferramenta existente, porém incompleta e desatualizada.

A adaptação do modelo de Besen (2011) à GRCC foi satisfatória e revelou-se como um útil instrumento à compreensão da relevância dos processos da GRCC e dos impactos decorrentes das tomadas de decisões direcionadas a diferentes processos, sintetizados pelos indicadores da matriz. Diante disso, o modelo facilita compreender os impactos resultantes de ações direcionadas a um indicador específico, podendo realizar simulações de cenários mediante a alteração dos parâmetros nos cálculos. Ainda permite comparar a GRCC sob avaliação com ela mesma, por meio do monitoramento da evolução dos processos em razão das ações implantadas frente às metas estabelecidas ao longo de um determinado período. Assim, a matriz de indicadores pode ser adaptada pela própria municipalidade para este fim, adequando-se às especificidades locais da GRCC.

O resultado da avaliação pelo modelo proposto demonstrou que a GRCC no DF está aquém do seu potencial de aprimoramento. Apesar disso, avalia-se que a gestão de RCC realizada no Distrito Federal enquadra-se dentre as melhores do contexto apresentado pelo *benchmarking* e possui perspectiva positiva diante das facilidades identificadas no processo de desenvolvimento e consolidação da GRCC local. Identifica-se que as ações prioritárias ao aprimoramento da GRCC no DF sejam o investimento em estratégias para o aumento das taxas de recuperação de RCC. Exemplos são a regulamentação e o incentivo à segregação de RCC na origem geradora, bem como a implantação imediata de Áreas de Transbordo e Triagem (ATTR) de RCC, com o estabelecimento de parcerias com cooperativas e associações de reciclagem.

Sobretudo, é importante considerar o baixo custo da triagem de RCC no Distrito Federal e a facilidade que isso representa para a ampliação desse processo na GRCC. Nesse sentido, as simulações realizadas pelo modelo proposto comprovam que, à medida que as taxas de recuperação de RCC aumentam, e que as taxas de

aterramento reduzem, o custo-benefício da GRCC que possui processo de triagem amplo e consolidado aumenta, apontando benefícios econômicos, ambientais, sociais e firmando a tendência da GRCC à sustentabilidade.

## 8. ARTIGO II – O POTENCIAL DE INFLUÊNCIA DOS GRANDES GERADORES DE RESÍDUOS NA SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

### *The potential influence of construction agents in construction and demolition waste management sustainability*

#### **Resumo**

Os resíduos da construção civil (RCC) são parte dos mais críticos resíduos gerados na sociedade. Pela abordagem da hierarquia da gestão de RCC – redução, reuso e reciclagem (3Rs) –, esta pesquisa qualitativa visa investigar e compreender o potencial de influência dos grandes geradores de resíduos na redução da geração e na sustentabilidade da gestão de RCC (GRCC) no Distrito Federal (DF). O estudo de caso no DF partiu da análise das Taxas de Geração (TG-RCC), de Desvio (TD-RCC), de Aterramento (TA-RCC), das entrevistas conduzidas junto aos órgãos do governo responsáveis pela GRCC no DF, bem como junto a grandes geradores, para avaliar o papel destes na cadeia da GRCC. Os resultados demonstram que os pontos que mais necessitam de atenção e ações prioritárias para a melhoria da GRCC no DF são a segregação dos RCC nos canteiros de obra – etapa da gestão realizada pelos geradores de RCC – e a disposição irregular, que ainda representa cerca de 40% do total de RCC coletado no DF, sendo um contingente direcionado à destinação final, sem tratamento intermediário. A partir dos resultados, são feitas considerações e sugestões que podem auxiliar na tomada de decisão por parte dos agentes públicos e privados responsáveis pela GRCC no Distrito Federal.

Palavras-chave: Gestão de resíduos; Resíduos da construção civil; Sustentabilidade; Grandes geradores.

#### **Abstract**

*Construction and demolition waste (CDW) are one of the most critical waste generated in society in current days. Nonetheless, civil construction is the sector that potentially presents most possibilities for recovering and incorporating waste into new materials. Through CDW management (CDWM) hierarchy approach – reduction, reuse e recycling (3Rs) –, this qualitative applied research aims to investigate and understand*

*the potential influence of CDW source in reducing CDW generation as well as in the CDWM sustainability in the Brazilian Federal District. This case study is based on the analysis of generation, diversion, landfilling and illegal dumping rates, in addition to interviews conducted along with governmental and construction actors, in order to evaluate their responsibility towards the CDWM system implemented. Results demonstrate that the processes that most require attention and priority actions to be taken for improvements in the local CDWM – with reduction of generation and landfilling rates and the increase of diversion rate – are the segregation of CDW at construction sites and strategic measures for restraining illegal dumping, which still represents about 40% of the total CDW locally collected in weight, which is directly destined to landfilling, without intermediate treatment. Based on such results, considerations and suggestions may help in the decision-making by public and private agents responsible for CDWM in the Brazilian Federal District.*

*Keywords: Waste management; Construction and demolition waste; Sustainability; Constructors.*

## **1. Introdução**

Muitos estudos afirmam a importância da gestão de resíduos da construção civil (GRCC) como uma abordagem eficaz para a minimização da geração de resíduos, a maximização do desvio da taxa de aterramentos e a compreensão da complexidade dos impactos socioeconômicos e ambientais decorrentes da GRCC (LU e YUAN, 2011; WANG *et al.*, 2018; WU *et al.*, 2019; TAELEMAN *et al.*, 2020, KABIRIFAR *et al.*, 2020a).

Com uma produção acima de 65 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos por ano (SNIS, 2020), o Brasil é o maior gerador de lixo (t/ano) na América Latina e um dos cinco maiores do mundo, ao lado da China, Estados Unidos, Índia e Indonésia, segundo o *Waste Atlas* (D-WASTE, 2022). Quanto aos resíduos da construção civil (RCC), especificamente, são geradas mais de 10 bilhões de toneladas ao ano no mundo (KABIRIFAR *et al.*, 2021a). A China é o maior gerador, com uma taxa superior a 2,3 bilhões de toneladas anuais. Em comparação, os Estados Unidos produzem mais de 700 milhões t/ano, e a União Europeia, 800 milhões t/ano (ELSHABOURY *et al.*, 2022; KABIRIFAR *et al.*, 2020a). Diante desse cenário global, o Brasil apresenta uma taxa aproximada a 96 milhões de toneladas de RCC geradas

anualmente (GUIMARÃES e FIORE, 2020). O Distrito Federal (DF), por sua vez, gerou cerca de 1,5 milhões de toneladas no ano de 2021, seguindo a mesma tendência no ano de 2022 (SLU, 2021, 2022).

A geração, redução e reciclagem são os três maiores tópicos na disciplina da GRCC (LU *et al.*, 2011), e são consideradas premissas na gestão preconizada pela legislação brasileira, a partir das quais é possível contribuir para a economia circular e possibilitar a preservação de áreas para aterros, a geração de empregos e renda, gerando benefícios socioeconômicos e ambientais (BRASIL, 2010a, 2010b, 2010c; GDF, 2011, HUANG *et al.*, 2018). Dentre os benefícios ambientais consequentes da GRCC estão o uso racional de materiais primários, redução da emissão de CO<sub>2</sub> e redução dos resíduos aterrados (KABIRIFAR *et al.*, 2020b, 2021a; ELSHABOURY *et al.*, 2022).

De acordo com Lu e Yuan (2011), a geração de RCC está associada à sua origem, quantidade e redução, à medida que há tecnologias disponíveis e medidas de gestão aplicadas para esse objetivo. Em suma, as estratégias de GRCC influenciam na redução do aterramento de resíduos. Na visão de Yuan (2013), a compreensão da geração de resíduos é a base para avaliar a performance econômica, ambiental e social da GRCC. Por isso, identificar os principais fatores que afetam a geração de RCC é importante para a gestão e a recuperação desses resíduos.

Estudos anteriores apontam a Taxa de Geração de RCC e a Taxa de Desvio de RCC (ou Taxa de Recuperação) como importantes indicadores de sustentabilidade na avaliação de sistemas de GRCC (LU *et al.*, 2011; RATNASABAPATHY *et al.*, 2020), pois expressam a quantidade de RCC gerada e, posteriormente, recuperada e desviada do aterro. Segundo Ratnasabapathy (2020), o desvio de resíduos está associado à economia e ao meio ambiente, logo a implementação de estratégias de desvio – como reuso, reciclagem, reparos, tratamento e recuperação energética – é essencial para minimizar o impacto dos RCC ao meio ambiente e para alcançar os objetivos e os benefícios da economia circular. Alguns países em desenvolvimento apresentam médias entre 70% e 95% de recuperação de RCC (HUANG *et al.*, 2018; KABIRIFAR *et al.*, 2021b). A União Europeia, por exemplo, possui legislação que estabelece como meta, até o ano de 2020, o processamento de no mínimo 70% dos RCC gerados, para reuso, reciclagem ou outro tipo de recuperação (KAMINO *et al.*, 2019).

Nesse sentido, autores como Besen *et al.* (2012), Kabirifar *et al.* (2020a) e Huang *et al.* (2018) apontam a hierarquia da gestão de resíduos – conhecida pelos 3Rs - redução, reuso e reciclagem – como prioridade e importante estratégia para a GRCC, pois, além de desviar resíduos dos aterros, promove a conservação dos recursos não renováveis. Para que tais ações sejam efetivamente alcançadas, são imprescindíveis a participação dos profissionais da construção civil – nesta pesquisa denominados de grandes geradores –, pois é nessa etapa quando são aplicadas a redução de resíduos e a reutilização de materiais, bem como do governo, com a criação de incentivos econômicos para a reciclagem e para a aplicação de materiais reciclados nas obras civis (ESA *et al.*, 2017; KABIRIFAR *et al.*, 2020b).

A ordem de prioridade, portanto, é a redução da geração de RCC, seguida pela reutilização dos materiais. Caso não seja possível a reutilização, ou após esta, a coleta e a reciclagem dos materiais. Por último, a disposição final, que é a etapa que possui efeitos mais deletérios ao meio ambiente (LU e YUAN, 2011; KABIRIFAR *et al.*, 2020b).

## **2. Legislação pertinente e a gestão de RCC atual no Distrito Federal**

No Brasil, os RCC definem-se como os resíduos provenientes das construções, reformas, reparos e demolições de obras da construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (CONAMA, 2002; BRASIL, 2010; GDF, 2013) e são compostos por uma variedade de materiais. A Resolução CONAMA n°. 307/2002 classifica esses resíduos em diferentes classes – classes A, B, C e D –, as quais admitem tratamentos diferenciados e específicos.

### *2.1. Legislação federal e distrital*

O marco da gestão de RCC iniciou-se com a Resolução CONAMA n°. 307/2002, que foi o primeiro instrumento a tratar dos RCC. Antes disso, os RCC eram tratados juntamente com os resíduos sólidos urbanos em geral, sem distinção, sendo depositados diretamente nos aterros controlados/sanitários e lixões. Essa resolução já apresentava conceitos como a gestão integrada de resíduos sólidos, a responsabilidade do gerador pelos seus resíduos e a hierarquia da GRCC (3Rs).

Em 2010, foi instituída a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS, Lei Federal n°. 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto n°. 7.404/2010), que dispõe sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao

gerenciamento dos resíduos. Esta política traz como premissas o princípio da responsabilidade compartilhada e da hierarquia de gestão de resíduos – não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e, por fim, a destinação final ambientalmente adequada de rejeitos, de forma abrangente. Tais premissas foram consolidadas pelas leis e decretos decorrentes da PNRS, como a Lei n°. 4.704, de 2011, que estabelecem a obrigatoriedade do Plano Distrital de Gestão de Resíduos da Construção Civil, seguindo as disposições da PNRS, anteriormente previstas pela Resolução CONAMA n°. 307/2002.

As legislações aplicáveis aos RCC estão elencadas no Quadro 1, a partir do qual constata-se a derivação de diversas regulamentações que definem execução, fiscalização e penalização corretas, concluindo-se pela importância da instituição da PNRS para o desenvolvimento e consolidação da gestão de resíduos sólidos e de RCC.

**Quadro 1**  
Legislação aplicável a RCC.

Ano	Legislação	Objetivo	Departamento
2002	Resolução CONAMA n°. 307/2002	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC.	Ministério do Meio Ambiente
2010	Lei n°. 12.305/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).	Governo Federal
2011	Lei n°. 4.704/2011	Dispõe sobre a gestão integrada de RCC e volumosos e dá outras providências.	Governo Distrital
2012	Resolução CONAM n°. 02/2012	Institui o Licenciamento Ambiental Simplificado para as atividades de ATTR de RCC; Área para Aterro de RCC (Inertes) e Centros de Triagem de Resíduos para Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis.	Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal
2014	Lei n°. 5.418/2014	Dispões sobre a Política Distrital de Resíduos Sólidos.	Governo Distrital
2016	Decreto n°. 37.782/2016	Regulamenta os deveres dos transportadores de RCC (art. 24 da Lei n° 4.704/2011).	Governo Distrital
2016	Resolução ADASA n°. 14/2016	Estabelece preços públicos a serem cobrados pelo SLU na execução de atividades de gerenciamento dos resíduos de grandes geradores, de eventos, da construção civil e dá outras providências (Atualizado pela Resolução ADASA n°. 11/2021).	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico

Continuação				
2017	Resolução nº. 01/2017	SINESP	Estabelece procedimentos de cadastramento de transportadores de RCC no DF, bem como especifica a sinalização a ser incluída nos equipamentos e veículos utilizados para coleta e transporte.	Secretaria de Estado de Obras e infraestrutura do Distrito Federal
2018	Decreto 38.953/2018	nº.	Regulamenta os Pontos de Entrega Voluntária (PEV) de RCC no Distrito Federal (art. 8º, III, §1º da Lei nº 4.704/2011).	Governo Distrital
2021	Portaria Conjunta nº. 04/2021	nº.	Dispõe sobre diretrizes e a obrigatoriedade da emissão do Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR no DF.	Governo Distrital
2021	Instrução Normativa nº. 06/2021		Regulamenta a doação dos agregados reciclados obtidos a partir da trituração dos RCC e resíduos de podas não passíveis de trituração pelo SLU, ambos entregues na URE.	Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal

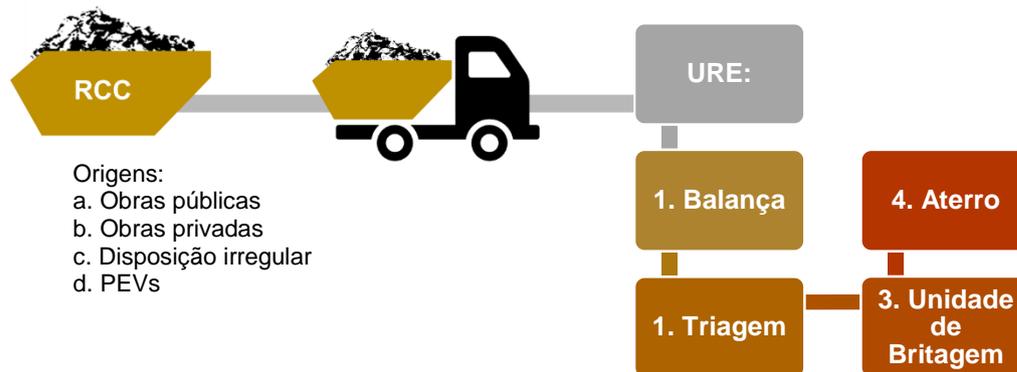
Fonte: SINJ-DF; [sema.df.gov.br/residuos-solidos/](http://sema.df.gov.br/residuos-solidos/). Elaborado pela autora, 2023.

## 2.2. O fluxo do RCC no Distrito Federal

A GRCC pública realizada no Distrito Federal possui o Serviço de Limpeza Urbana (SLU) como autarquia pública responsável pela execução do manejo, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, incluindo os RCC. A coleta realizada pelo próprio SLU abrange os RCC oriundos da disposição irregular – cuja coleta e transporte de entulhos é denominada por manual e mecanizada – e os dispostos nos Pontos de Entrega Voluntária (PEV). Os RCC oriundos das obras públicas e privadas são recepcionados pelo SLU, mas são coletados e transportados por empresas privadas e por outros órgãos públicos do DF.

Todo RCC coletado/transportado é destinado à Unidade de Recebimento de Entulhos (URE) – o aterro de inertes pertencente ao SLU, que recepciona os resíduos, realiza triagem, processamento dos resíduos, beneficiamento de produtos agregados reciclados e, por fim, o aterramento dos rejeitos (Figura 1). Além da GRCC realizada pelo SLU, também há empresas particulares que realizam a coleta, o transporte e o tratamento de RCC. Esta pesquisa, no entanto, tem como objeto de estudo a GRCC realizada pelo SLU.

**Figura 1**  
Fluxo do RCC no DF.



Fonte: Elaborada pela autora.

### 3. Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa qualitativa se trata de estudo de caso da GRCC realizada no DF, com a finalidade de fornecer direções e conclusões que poderão orientar no aprimoramento de políticas públicas relativas à GRCC tanto em nível local, quanto de forma mais abrangente, visando à sua sustentabilidade.

A partir da análise de dados secundários, como as Taxas de Geração, de Desvio e de Aterramento de RCC (TG-RCC, TD-RCC e TA-RCC), referentes aos anos de 2018 a 2022 – a partir do ano em que a gestão específica de RCC se iniciou no DF até o presente – e de dados primários obtidos a partir de entrevistas, o objetivo dessa pesquisa é avaliar o papel do grande gerador na cadeia da GRCC, bem como o potencial que esse agente possui como promotor da redução da geração e do aumento da recuperação de RCC no DF. Estas são ações estratégicas que abrangem as três etapas da hierarquia da GRCC (3Rs) e influenciam diretamente na TD-RCC.

Os dados utilizados foram obtidos, inicialmente, a partir de uma revisão de literatura abrangente sobre o tema, com enfoque em artigos que tratam da geração e da GRCC. Os dados quantitativos referentes às TG-RCC, TD-RCC e TA-RCC foram obtidos dos relatórios emitidos pelo SLU, considerados indicadores brutos das medidas de GRCC aplicadas pelos grandes geradores. As entrevistas semiestruturadas, por sua vez, são consideradas metodologias qualitativas de medição. Com o objetivo de obterem-se informações mais completas, os tópicos das entrevistas não foram limitados aos questionários. O levantamento dos dados qualitativos e quantitativos foi conduzido entre outubro e dezembro de 2022, junto a

quatro órgãos públicos do governo distrital responsáveis pela gestão de resíduos sólidos do DF, e a quatro grandes geradores responsáveis por quatro obras civis distintas em andamento no Distrito Federal.

Os participantes das entrevistas foram (i) um representante da autarquia pública responsável pela gestão e manejo dos resíduos sólidos (SLU); (ii) um representante do órgão responsável pela definição de políticas relacionadas aos resíduos sólidos no Distrito Federal (SEMA); (iii) um técnico responsável pela operação da Unidade de Recebimento de Entulhos (URE); (iv) um representante do órgão responsável pela fiscalização da disposição irregular e cumprimento da legislação pertinente a resíduos sólidos (DF LEGAL); e para representar os agentes geradores, foi definida uma amostra de quatro categorias de grandes geradores, sendo um construtor individual/pessoa física (I) e três empresas construtoras de pequeno (P), médio (M) e grande (G) portes.

Inicialmente, foi realizada uma visita à URE, quando ocorreu a vistoria para conhecer e observar as operações das etapas da GRCC executadas nessa instalação. Depois, foi conduzida a entrevista com a Chefe da Unidade de Medição e Monitoramento do SLU, que se localiza na sede administrativa do órgão. Então, procedeu-se à segunda visita à URE, momento em que foi conduzida a entrevista com o Gerente de Recebimento de Entulho. Na sequência, foi realizada a entrevista com o Coordenador da Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) da SEMA e, por último, a entrevista com o Subsecretário de Fiscalização de Resíduos Sólidos do DF LEGAL.

As entrevistas realizadas junto aos agentes gestores do governo ocorreram em três reuniões presenciais e uma remota, e contribuíram para a identificação da concepção de sustentabilidade adotada pelo órgão gestor, para a percepção quanto à adequação da GRCC às disposições da PNRS, à hierarquia da GRCC (3Rs) e às práticas mais avançadas de GRCC. Além destes aspectos, também possibilitaram a identificação das debilidades da GRCC, que devem ser objeto de enfoque e melhorias. Ademais, foram investigadas especificidades das operações inerentes a cada órgão, que contribuíram para a compreensão geral da GRCC realizada no DF.

As entrevistas realizadas junto aos grandes geradores, por sua vez, ocorreram de forma *on-line*, por meio do envio de um questionário, que foi importante instrumento na identificação da percepção que os agentes geradores possuem a respeito da problemática, da sustentabilidade da gestão realizada, além da sua responsabilidade

sobre os RCC, com enfoque na identificação de práticas relacionadas aos 3Rs nos canteiros das obras. O Quadro 2 sintetiza os perfis entrevistados em estudo.

**Quadro 2**  
Síntese dos perfis entrevistados.

Entrevista	Agente da GRCC	Atribuições
<i>Governo</i>		
E1	SLU	Autarquia responsável pela gestão e manejo dos resíduos sólidos no DF.
E2	URE	Gerência responsável pela operação e tratamento dos RCC na estrutura da destinação final. Pertencente ao SLU.
E3	SEMA	Secretaria estadual responsável pela definição de políticas relacionadas aos resíduos sólidos no Distrito Federal.
E4	DF LEGAL	Secretaria estadual responsável pela fiscalização dos resíduos sólidos no DF, como o cumprimento de obrigações em obras civis e deposições irregulares de RCC.
<i>Geradores de RCC</i>		
E-G.I	Grande gerador Individual	Pessoa física com obra própria. Tipo obra: reforma de interiores em apartamento de edifício multifamiliar. Área interna: 107 m <sup>2</sup> .
E-G.P	Grande gerador Pequeno	Construtor pessoa jurídica de pequeno porte. < 50 colaboradores. Tipo obra: Edificação residencial de até 4 pavimentos.
E-G.M	Grande gerador Médio	Construtor pessoa jurídica de médio porte. Entre 50 e 100 colaboradores. Tipo obra: Edifício em altura residencial, 17 pavimentos. Área 17.000 m <sup>2</sup> .
E-G.G	Grande gerador Grande	Construtor pessoa jurídica de grande porte. > 1000 colaboradores. Tipo obra: Edifício em altura residencial, 6 pavimentos, em concreto armado e protendido. Área construída: 15.100 m <sup>2</sup> .

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Os dados obtidos dos grandes geradores foram analisados, onde identificaram-se as boas práticas da GRCC em relação aos processos descritos nas respostas (Quadro 3).

A análise dos dados coletados procurou compreender a situação atual da GRCC implementada no DF, observando as barreiras, as dificuldades, os pontos falhos e seus responsáveis. Por isso, o trajeto das entrevistas iniciou-se pelo órgão executor da gestão e manejo dos RCC, passando aos órgãos responsáveis pelas políticas e fiscalização e, por último, aos grandes geradores.

Ao final, os dados obtidos foram confrontados com os levantados pela sondagem realizada pela Federação das Indústrias do Distrito Federal (FIBRA, 2022), que apresentou informações referentes à gestão de resíduos em uma amostragem de

cem empresas da construção civil do DF. Dentre os dados mensurados nesta sondagem, constam a elaboração de PGRCC pelas empresas da construção civil, a existência de um setor ou pessoa designada para executar a GRCC, a existência de programa de treinamento para os colaboradores, se já sofreram a fiscalização por algum órgão ambiental, os principais resíduos gerados na obra, como ocorre a segregação dos resíduos na obra e a destinação destes (FIBRA, 2022).

A triangulação destes dados conduz a resultados que retratam a GRCC realizada pelas empresas da construção civil nas obras, levando a conclusões sobre o investimento das empresas para a GRCC, e ao retrato da situação existente quanto aos esforços ou omissões do governo direcionados à GRCC.

#### 4. Limitações da pesquisa

Os dados quantitativos obtidos na pesquisa referem-se apenas à GRCC pública realizada pelo governo do DF. Assim, o panorama descrito neste trabalho corresponde à GRCC da esfera pública local, que não representa o todo, mas o contexto predominante da GRCC do DF.

#### 5. Resultados

A partir da obtenção dos dados quantitativos e da observação das Taxas de Geração de RCC (TG-RCC), referentes ao período 2018-2022 (Tabela 1), percebe-se que houve variação das taxas com o passar dos anos, sem a identificação de um padrão. Durante o período, a Taxa de Aterramento (TA-RCC) dos RCC recebidos na URE reduziu em cerca de 20% (Figura 2).

**Tabela 1**  
Taxas de Geração, Desvio e Aterramento de RCC.

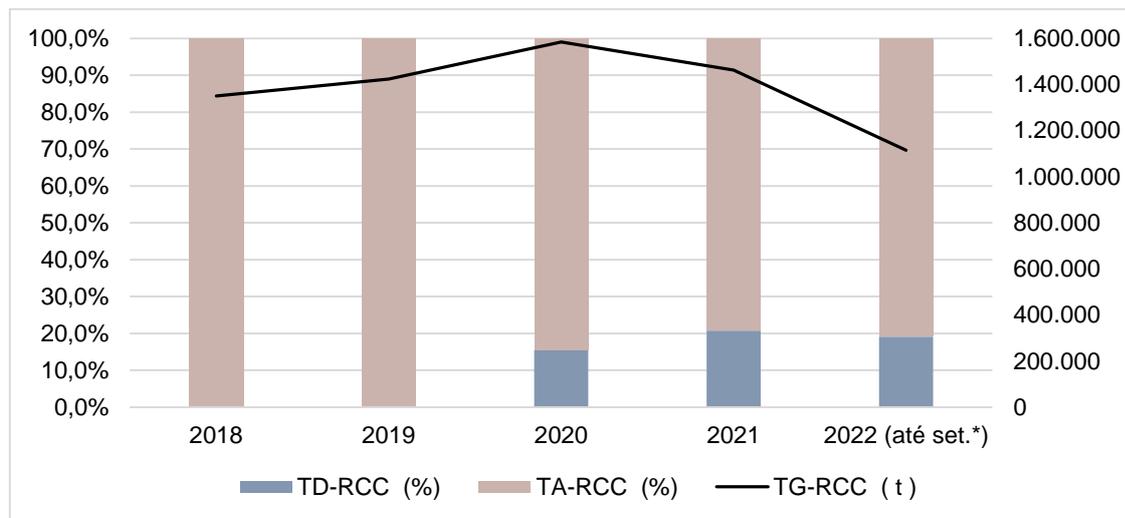
Ano	2018	2019	2020	2021	2022 (até set. *)
<b>TG-RCC ( t )</b>	1.350.427,55	1.424.511,97	1.584.661,21	1.462.757,20	1.114.661,86
<b>Varição TG-RCC (%)</b>	-	+ 5,49%	+ 11,24%	- 7,69%	+ 3,01% **
<b>TD-RCC (%)</b>	0,00%	0,00%	15,57%	20,76%	19,15%
<b>TA-RCC (%)</b>	100%	100%	84,43%	79,24%	80,85%

\* Último mês apresentado no Relatório do SLU referente ao ano de 2022.

\*\* Cálculos percentuais feito proporcionalmente, com base na média diária.

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

**Figura 2**  
Relação entre TD-RCC e TA-RCC a partir da TG-RCC.



Fonte: SLU (2018; 2019; 2020; 2021; 2022). Elaborada pela autora, 2023.

O cálculo da TG-RCC considerou quatro variáveis – fontes de RCC: (1) os oriundos da coleta mecanizada de entulho, (2) os da coleta manual de entulho, (3) os depositados nos Pontos de Entrega Voluntária (PEV) – também conhecidos por Papa-Entulho –, e (4) os oriundos dos transportadores privados e das obras públicas, que são denominados de “Outros” nos relatórios do SLU pesquisados. Importante esclarecer que os RCC das coletas (1) mecanizada e (2) manual são os resíduos oriundos da disposição irregular, que são coletados pelo SLU.

De acordo com as entrevistas realizadas com a URE (E2) e o SLU (E1), o RCC recebido na URE, apesar de, na maioria das vezes, estar declarado como “segregado” pelo transportador, vem de fato “não segregado”, contendo impurezas ou resíduos de outras classes que não deveriam ser tratadas na URE. Como o tratamento realizado na URE atende apenas aos RCC classe A, a equipe da Unidade de Britagem (UB), onde é realizado o processamento e a reciclagem de parte dos resíduos, precisa fazer uma triagem desse material, de modo a separar aqueles que poderão de fato ser reciclados na própria UB (somente classe A), daqueles que serão doados a cooperativas de reciclagem (ex. classe B) e dos rejeitos destinados ao aterramento.

Outro problema identificado dentre as taxas de RCC é a quantidade de RCC oriunda da disposição irregular em logradouros públicos, sintetizado pela Taxa de Disposição Irregular (TDI-RCC), apresentada na Tabela 2 e Figura 3. Nos últimos dois anos, a TDI-RCC correspondeu a cerca de 40% dos RCC recebidos na URE, estes expressos pela TG-RCC.

**Tabela 2**

Taxa de Disposição Irregular no DF – TDI-RCC, Controle de Transportes de Resíduos – CTR emitidos e Taxa de Grandes Geradores / Obras Públicas – TGG-RCC.

Ano	2018	2019	2020	2021	2022 (até set.)
<b>CTRs emitidos</b>	189.318	265.505	311.030	323.738	279.397
<b>RCC oriundo da disposição irregular no DF ( t )</b>	438.078,00	426.009,31	615.760,80	612.086,03	453.018,68
<b>TG-RCC ( t )</b>	1.350.427,55	1.424.511,97	1.584.661,21	1.462.757,20	1.114.661,86
<b>TDI-RCC (%) *</b>	32,44%	29,91%	38,86%	41,84%	40,64%
<b>TGG (%) **</b>	67,01%	69,36%	59,99%	56,58%	57,86%

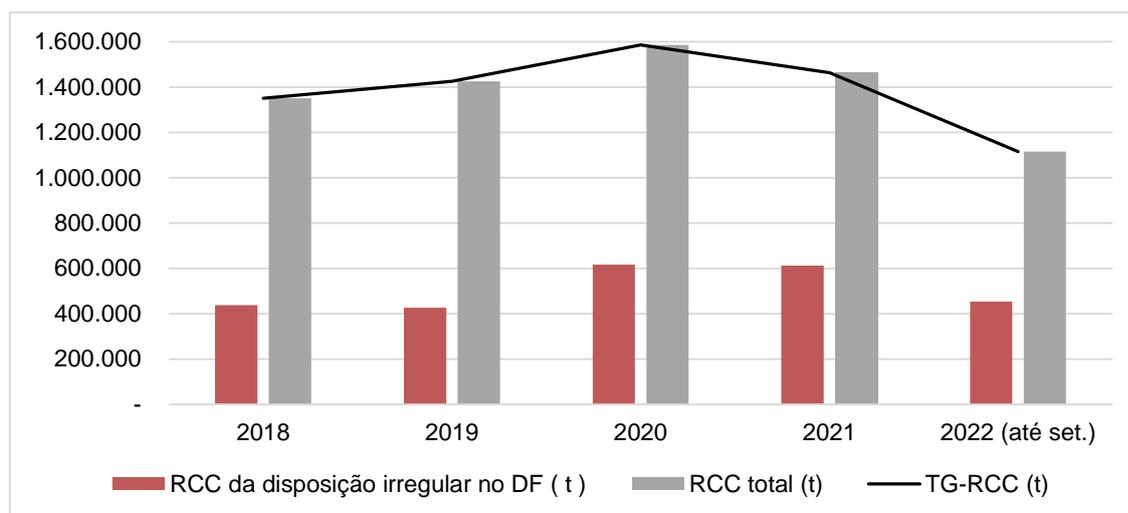
\* TDI-RCC calculado com base nas quantidades informadas para a coleta manual e mecanizada.

\*\* TGG calculada com base nas quantidades informadas sobre a coleta de “Outros”.

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

**Figura 3**

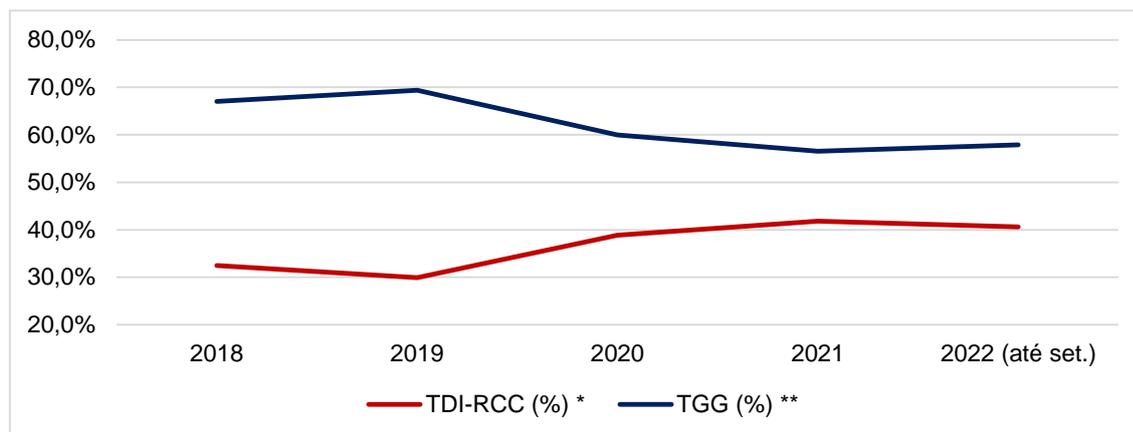
Relação entre RCC da disposição irregular e a TG-RCC.



Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

**Figura 4**

Relação entre RCC da disposição irregular e a TGG.



\* TDI-RCC calculado com base nas quantidades informadas para a coleta manual e mecanizada.

\*\* TGG calculada com base nas quantidades informadas sobre a coleta de "Outros".

Fonte: SLU (2018; 2019; 2020; 2021; 2022). Elaborada pela autora, 2023.

A emissão do Controle de Transportes e Resíduos (CTR) é um documento que identifica o transportador e declara a destinação final do RCC coletado por ele. Com o CTR, tornou-se possível rastrear se a entrega do RCC ocorreu na destinação final informada. Na Tabela 2, constata-se o aumento contínuo do número de emissões desse documento, que é uma ferramenta para coibir a disposição irregular e induzir a disposição final correta. Apesar desse instrumento coibir a disposição irregular, observa-se um acréscimo na TDI-RCC em 8,95% no ano de 2020 em relação ao ano anterior, como também um acréscimo de 2,98% em 2021 em relação a 2020. Esses dados correspondem aos anos da pandemia da Covid-19, período que sofreu interferência das atividades da construção civil. A Tabela 2 e a Figura 4 também demonstram que a Taxa de RCC dos grandes geradores (TGG), principal fonte de RCC destinada à URE, diminuiu com o passar dos anos, enquanto a disposição irregular aumentou. Tais dados confirmam a informação apontada pelo órgão fiscalizador de resíduos, DF LEGAL, de que "essa fiscalização nossa foi muito comprometida nesses últimos dois anos" (E4). Com isso, a fiscalização (como medida preventiva) reduzida durante a pandemia observou um aumento da disposição irregular de RCC no DF, considerando que as ações existentes para identificar transportadores irregulares são as fiscalizações itinerantes, que atuam mediante flagrantes.

Segundo o DF LEGAL (E4), os principais agentes causadores da disposição irregular são os geradores particulares que reformaram a própria residência ou

comércio. Os principais motivos para o descarte irregular são as distâncias dos locais das obras até a destinação final, a ausência de Áreas de Transbordo e Triagem (ATTR), a falta de educação ambiental e de conscientização da população, a fiscalização ineficiente e a não penalização dos atos lesivos. O órgão também observa uma relação entre o descarte irregular e as obras informais e de autoconstrução, que, na grande maioria, ocorrem em regiões também irregulares do DF, que “usam o descarte irregular com maior frequência. Já não têm alvará, não têm nada mesmo, fazem o que querem” (E4). Além disso, considera que o descarte irregular também seja frequentemente realizado por transportadores cadastrados e regulares.

De acordo com o SLU (E1) e a URE (E2), estão em fase de licitação os projetos para Áreas de Transbordo e Triagem (ATTR) de RCC, que serão etapa intermediária entre o gerador e a destinação final, onde serão feitas a triagem, o processamento e a reciclagem dos RCC. A implantação dessas instalações promoverá a descentralização do tratamento de RCC e favorecerá o aumento da Taxa de Desvio de RCC, ou de recuperação, (TD-RCC) no DF. Ainda de acordo com o SLU (E1), todo o volume de RCC coletado da disposição irregular não consegue ser reaproveitado, pois se trata de uma carga muito misturada com terra e outros materiais, sendo destinado diretamente ao aterramento logo após entrar na URE. Considerando isso, verifica-se que os mesmos 40% da TDI-RCC (Tabela 2) são aterrados, ao passo que a TD-RCC calculada incide sobre apenas 60% da TG-RCC. Com isso, constata-se que, efetivamente, a recuperação de resíduos é maior em relação à quantidade de RCC efetivamente triada, alcançando mais de 30% de TD-RCC.

Devido à elevada Taxa de Grandes Geradores (TGG), correspondente a quase 60% de todos os RCC recebidos na URE (TG-RCC), passamos à análise dos dados coletados junto a grandes geradores em relação ao seu comportamento na GRCC nas obras.

O Quadro 3 a seguir explicita haver abordagens da hierarquia da GRCC pelos grandes geradores, como práticas relacionadas aos 3Rs. Apesar disso, essas práticas ainda são pontuais, aplicando-se a materiais específicos da obra, e não à totalidade dos RCC gerados.

### Quadro 3

Dados coletados com grandes geradores.

Gerador	Individual (E-G.I.)	Pequeno Porte (E-G.P.)	Médio Porte (E-G.M.)	Grande Porte (E-G.G.)
Conhecimento da responsabilidade compartilhada	✓	✓	✓	✓
Aplicações da PNRS/PIGRCC	Parcial	✓	✓	✓
Elabora PGRCC	x	✓	✓	✓
Possui práticas adotadas na obra referentes aos 3Rs	✓	✓	✓	✓
Práticas redução RCC	x	✓	✓	✓
Capacitação periódica da equipe	x	x	x	✓
Práticas reuso RCC	x	✓	✓	✓
Utilização RCC reciclado	x	x	x	✓
Realiza Segregação na obra	x	Parcial	Parcial	✓
Realiza Gravimetria na obra	x	x	x	x
Coleta dados / Indicadores RCC	x	x	x	x

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Apesar dos resultados do Quadro 3 referirem-se a uma pequena amostra de casos no DF, e por isso não deverem ser generalizados, são convergentes com os resultados da pesquisa particular realizada pela Federação das Indústrias do DF – FIBRA (Tabelas 3 e 4) e, logo, retratam um panorama mais abrangente praticado no DF quanto à GRCC. De acordo com a Tabela 3, verifica-se que quase 60% das empresas da construção civil (grandes geradores) elaboram Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), apesar de 40% delas não possuírem uma pessoa ou setor responsável pela GRCC na empresa. Por outro lado, nas entrevistas realizadas nesta pesquisa com os grandes geradores, todas as empresas apresentaram resposta positiva à elaboração do PGRCC, sendo a única exceção o construtor individual (Quadro 3). Dentre os principais motivos alegados para a não elaboração do PGRCC, estão o custo, a falta de exigência e de fiscalização.

**Tabela 3**  
Indústria da construção civil do DF – PGRCC e fiscalizações.

Perguntas	Respostas	Empresas
Elabora PGRCC	Sim	59%
	Não	28%
	Parcialmente	8%
	Não se aplica / Não sabe	5%
Motivos para não elaborar PGRCC	Falta de exigência / fiscalização	24,40%
	Custo para elaboração	24,40%
	Falta de informações técnicas	14,60%
	Custo para execução	14,60%
	Falta de pessoa qualificada	12,20%
	Outros	9,8%
Pessoa / Setor responsável por GRCC na empresa	Pessoa	31%
	Setor / Área	22%
	Empresa terceirizada	6%
	Engenheiro	1%
Já passou por fiscalização ambiental	Não possui	40%
	Sim	29%
	Não	71%

Fonte: FIBRA (2022). Elaborada pela autora, 2023.

O Quadro 3 apresenta um cenário desfavorável à segregação de RCC nos canteiros de obras, em oposição aos 78% da Tabela 4 que declararam realizar a segregação. Esse dado demonstra, no Quadro 3, que a segregação dos RCC nas obras ainda é incipiente e que não contempla todos os resíduos. Por outro lado, o da Tabela 4, por ter se baseado em perguntas objetivas realizadas pela pesquisa, não possibilita a avaliação da segregação que é realizada pelas empresas. Entretanto, chama a atenção na Tabela 4 o fato de quase metade das empresas comercializarem RCC para reciclagem, enquanto somente a empresa de grande porte (E-G.P.) do Quadro 3 realiza uma segregação mais abrangente e declarou destinar os RCC para cooperativa parceira. Observando-se os principais RCC gerados nas obras na Tabela 4, infere-se o potencial ganho de reaproveitamento, caso medidas de segregação sejam criteriosamente implementadas nas obras.

**Tabela 4**

Indústria da construção civil do DF – RCC gerados e seu processamento nas obras.

Perguntas	Respostas	Empresas
Principais RCC gerados	Concreto e argamassa	80%
	Papelão	73%
	Metais	71%
	Madeira	71%
	Tijolo	71%
	Tubulações	70%
	Revestimento cerâmico	68%
	Plástico	67%
	Fiação elétrica	66%
	Gesso	66%
Realiza segregação na obra	Sim	78%
	Não	6%
	Não se aplica / Não sabe	16%
Comercializa RCC para reciclagem	Sim	48%
	Não	37%
	Não se aplica / Não sabe	15%
Destinação dos resíduos	URE	48%
	ATTR privada	27%
Emite MTR / CTR	Sim	42%
	Não	35%
	Não se aplica / Não sabe / Não respondeu	33%

Fonte: FIBRA (2022). Elaborada pela autora, 2023.

A partir da entrevista realizada junto ao SLU (E1) e à SEMA (E3) (Tabela 5), concluiu-se que há um grande gargalo na fonte geradora, acerca da segregação dos RCC, opinião corroborada pelos outros entrevistados – URE (E2) e DF LEGAL (E4). Importante considerar que é no canteiro de obras que as medidas estratégicas voltadas para a redução de resíduos, bem como reuso, podem ocorrer efetivamente.

De modo geral, foi observado que os órgãos gestores compartilham a mesma concepção de sustentabilidade aplicada à GRCC. O SLU (E1) considera a gestão satisfatória e sustentável, com boa taxa de reaproveitamento de RCC, mas que há muito a ser melhorado. A URE (E2), por sua vez, considera que as operações que nela ocorrem são compatíveis com as práticas dos 3Rs – com exceção da redução,

que não faz parte do escopo de suas operações –, por meio da doação de recicláveis a cooperativas e do processamento realizado na Unidade de Britagem, causando um desvio de aterro de cerca de 20%, comprovado pela Tabela 1 e Figura 2. Apesar disso, considera que as operações ainda são recentes, mas que houve uma grande evolução e aprimoramento dos processos da URE, que poderão, cada vez mais, potencializar o desvio de aterro de RCC. Para atingir esse objetivo, considera-se imprescindível o esforço conjunto de outras frentes que atuam na GRCC no DF.

A SEMA (E3) considera que a GRCC atual é adequada, e que os avanços conquistados em curto prazo foram altamente satisfatórios e reconhecidos no contexto nacional e internacional. No entanto, é possível e preciso melhorar, no sentido do que também foi afirmado pelo SLU (E1).

**Tabela 5**

Dados coletados com os órgãos gestores SLU e SEMA.

Aspecto da GRCC do DF	SLU (E1)	SEMA (E3)
Concepção de sustentabilidade	Baseada nos 3Rs	Baseada nos 3Rs
Adequação GRCC à PNRS	Razoável	Em processo de adequação
Adequação GRCC aos 3Rs	Positiva	Positiva
Práticas avançadas	Não	Sim
Pontos fracos	Segregação na origem	Segregação na origem

Fonte: Elaborada pela autora, 2023.

## 6. Discussão

Esta seção discute os principais fatores críticos identificados na GRCC realizada no DF, sob a perspectiva da hierarquia dos 3Rs e da importância do grande gerador na contribuição para melhorias na GRCC.

### 6.1. Taxas de Geração (TG), de Desvio (TD) e de Aterramento (TA) de RCC

Segundo autores como Lu *et al.* (2011), Yuan (2013) e Kabirifar *et al.* (2020; 2021), a TG-RCC é um importante fator de decisão referente à GRCC no canteiro de obra, sendo um indicador relevante para a compreensão da GRCC no setor da construção civil. A variação das taxas apresentadas retrata que no período de quase cinco anos, a situação da GRCC no DF sofreu alterações positivas.

A variação da TG-RCC observada pode ser explicada pelo fato de, no ano inicial de 2018, os processos de pesagem das caçambas de RCC e da coleta interna

de dados ainda estarem em fase de implementação. Diante disso, pode-se inferir que, em 2019, o processo do controle nas balanças da URE tenha se estabelecido e aprimorado, explicando o aumento de 5,49% em relação ao ano anterior. O pico na TG-RCC identificado no ano de 2020 pode ser explicado pela pandemia de Covid-19, ano em que houve um aumento significativo das obras civis individuais, devido ao fato das pessoas estarem mais presentes em casa e buscarem promover melhorias em suas moradias (E4). Segundo o DF LEGAL (E4), “muita gente construiu (...) e não tínhamos gente (equipe de fiscalização) na rua”. A variação negativa de 7,49%, em 2021, sugere redução nas obras em relação ao ano anterior atípico e, por último, o pequeno aumento de 3% no ano de 2022 aponta o restabelecimento das atividades da construção civil após a pandemia.

Os resultados demonstram que, a partir de 2020, começou a haver recuperação de RCC, expressada pela Taxa de Desvio de RCC (TD-RCC), na margem dos 15% em relação à TG-RCC. Nos anos seguintes, a TD-RCC apresentou tendência de acréscimo, atingindo quase 20%. Essa melhoria pode ser explicada pela implantação da unidade de britagem na URE, em 2019 (SLU, 2019), que viabilizou a recuperação e a reciclagem de RCC. De forma geral, fica claro que a capacidade de recuperação de RCC depende da qualidade do RCC recebido na URE, a qual é influenciada pela qualidade da segregação realizada nos canteiros de obra, no sentido do que afirmam autores como Lu *et al.* (2011), Yuan (2013) e Kabirifar *et al.* (2020).

Os interesses na redução da TA-RCC são diversos. Há interesse por parte do governo na redução do aterramento, pois assim seria possível a execução do tratamento e disposição final dos RCC de forma mais reduzida, sem necessidade de aumentar a equipe de operação, prolongando a vida útil do aterro de inertes, e evitando incremento nos custos com as operações e a disposição final, que oneram enormemente o estado. Por outro lado, os grandes geradores podem obter vantagens econômicas a partir da redução de RCC e do aumento do reuso e da reciclagem, uma vez que estas medidas podem levar à redução dos custos com o transporte e a disposição final de RCC (KABIRIFAR *et al.*, 2020a). Para maximizar o desvio de aterro, uma das estratégias mais importantes é a elaboração de planos de GRCC e imposição de políticas que induzam as práticas baseadas nos 3Rs (ELSHABOURY *et al.*, 2022). Ratnasabapathy *et al.* (2020) e Huang *et al.* (2018) concluem que a redução da geração de resíduos requer, além de uma abordagem política/legislativa, investimento por parte dos grandes geradores.

## 6.2. *Disposição irregular*

A implantação e o aumento gradativo das emissões de CTRs ao longo dos anos pode expressar a adesão dos transportadores de RCC ao sistema eletrônico que realiza esse controle. No entanto, uma das falhas desse mecanismo é somente os transportadores regulares estarem cadastrados, enquanto ainda atuam vários transportadores informais, que não possuem sua atividade controlada e contam com a escassa fiscalização para a continuidade de suas atividades ilegais.

A disposição irregular pode estar associada à baixa renda, que inviabiliza a locação de caçambas e transporte de RCC, à pouca infraestrutura de coleta nas áreas menos nobres e à acessibilidade dos PEVs (KLEIN e DIAS, 2017; PAZ *et al.*, 2020). Klein e Dias (2017) pontuam que os PEVs são esforços para concentrar a disposição dos RCC e reduzir os custos com a coleta corretiva do descarte irregular e os impactos socioambientais decorrentes. Nesse sentido, o número de PEVs implantados no DF ainda é muito pequeno para alcançar a cobertura em todas as áreas mais suscetíveis ao descarte irregular e identifica-se a necessidade da ampliação do número desses equipamentos, em concordância com o DF LEGAL, o qual afirmou que “ainda são muito poucos”, na entrevista realizada (E4).

A relação observada entre as taxas de disposição irregular e de desvio (TDI-RCC e TD-RCC, Tabela 2) demonstra o potencial de aumento da recuperação de RCC, caso a segregação no canteiro de obra seja aprimorada, e a magnitude do problema da disposição irregular. Considerando que a fiscalização da disposição irregular atua mediante flagrantes, identifica-se a necessidade de que as rondas de fiscalização sejam mais ostensivas, e que haja um incremento no número de pessoas na equipe de fiscalização, dado que a atividade fiscalizatória é um dos gargalos identificados (E4) e importante medida para a GRCC (YUAN, 2013; HUANG *et al.*, 2018; KABIRIFAR *et al.*, 2020a). Outra medida possível para coibir o despejo ilegal de RCC é o monitoramento das caçambas por rastreamento com tecnologias como o *Global Positioning System* (GPS), que poderiam ser instalados nos veículos transportadores (HUANG *et al.*, 2018).

## 6.3. *Atitudes dos grandes geradores frente aos 3Rs*

A redução na geração de RCC é a medida que apresenta o melhor custo-benefício, com soluções que podem ir desde a aplicação de materiais de tamanho padrão a evitar erros de execução – e para isso são importantes a constante

capacitação e o aperfeiçoamento da mão-de-obra. Apesar disso, os resultados mostram que a minoria das empresas construtoras realiza capacitações periódicas com suas equipes gestoras e executoras de obras, prejudicando o reaproveitamento dos RCC nas obras, que, segundo Kabirifar *et al.* (2020), podem ser reutilizados em sua maioria. Lu *et al.* (2011) recomendam que a gestão apropriada de RCC nas obras é potencial solução para reduzir taxas de geração de resíduos.

Segundo Huang *et al.* (2018), a cobrança de taxas acessíveis para a disposição final de RCC é um dos obstáculos à redução de RCC pelos geradores. Por isso, o aumento dessas taxas deveria ser considerado para induzir as empresas a reduzirem a geração e a se engajarem ao máximo nas práticas de reuso e reciclagem. Nesse mesmo viés, Klein e Dias (2017) defendem a precificação diferenciada para o gerador que envia RCC para aterros e para o que envia RCC a usinas de beneficiamento e reciclagem.

Os resultados dos grandes geradores demonstram que a maior parte das empresas da construção civil elaboram PGRCC, mas ainda desenvolvem parcialmente práticas relativas aos 3Rs, restringindo o potencial de aproveitamento e recuperação de RCC (KABIRIFAR *et al.*, 2020a). Além disso, os resultados expressam a tendência existente na comercialização de RCC para reciclagem, por ser vantajoso economicamente para as empresas. Mas além da reciclagem, todas as medidas voltadas para a GRCC podem proporcionar benefícios econômicos (YUAN, 2013; KABIRIFAR *et al.*, 2020a), contrapondo-se à ideia de que implantar GRCC nos canteiros aumentaria o custo das obras (CHENG, 2022). O Quadro 3 revela que a realização de gravimetria dos resíduos segregados não é uma prática aplicada, nem tampouco a coleta de dados e o monitoramento de indicadores referentes a RCC. No entanto, são de suma importância o monitoramento da GRCC nas obras, a realização da segregação e da gravimetria para a compreensão da geração de RCC, bem como do que precisa ser melhorado na performance da GRCC (LU *et al.*, 2011; YUAN, 2013).

Diante disso, regulamentações, incentivos fiscais e fiscalizações constantes podem consolidar essa prática e induzir as empresas que não possuem medidas implementadas a as adotarem (ELSHABOURY *et al.*, 2022; KABIRIFAR *et al.*, 2020b; HUANG *et al.*, 2018; AJAYI *et al.*, 2017; YUAN, 2013, YUAN *et al.*, 2011).

## 7. Conclusão

O panorama observado e discutido evidencia que os principais problemas da GRCC no DF são (1) a disposição irregular, que representa cerca de 40% de todo o RCC gerado no DF e que é direcionado à destinação final sem nenhum tipo de tratamento; e (2) as atitudes dos grandes geradores nos canteiros de obras, onde a realização da segregação é incipiente ou inexistente. No entanto, a segregação dos RCC na origem poderia potencializar as taxas de recuperação de RCC e, conseqüentemente, as taxas de desvio de aterramento. A partir dessa constatação, confirma-se a importância dos grandes geradores na GRCC, pois detêm a capacidade de otimizar toda a cadeia da GRCC e impactar na sua sustentabilidade.

As atitudes dos grandes geradores são importante fator de contribuição para a hierarquia da GRCC (3Rs), pois são parâmetros que se sobrepõem para uma gestão de RCC efetiva e sustentável. Tendo em vista que a PNRS define a corresponsabilidade pela gestão de resíduos, é a origem geradora a principal etapa que precisa de melhorias, e onde deve ocorrer a implementação da segregação dos resíduos. De acordo com entrevistados do governo (E1 e E2), a qualidade do RCC que entra na URE, devido à segregação feita, ou à ausência dela na fonte geradora, deve ser um ponto de atenção. Esta etapa é de extrema importância para a GRCC e deve ser considerada prioritária para a definição das medidas estratégicas, pois influencia as etapas seguintes, determinando a qualidade do material para reuso e/ou reciclagem. Assim, conclui-se que a segregação realizada no canteiro de obras impacta diretamente o desvio de aterros e a sustentabilidade da GRCC, tanto no aspecto econômico, quanto social e ambiental, devendo ser o foco de incentivos do governo e da atuação dos geradores.

Quanto à disposição irregular, a ampliação da oferta de PEVs no DF, para facilitar o acesso do gerador ao descarte autônomo ambientalmente correto, é uma solução que não demanda muito investimento e atua também como medida educativa para os cidadãos e geradores de RCC. É imprescindível que haja medidas integradas, como a intensificação da fiscalização, com o aumento das equipes que fazem rondas; a aplicação de tecnologias que auxiliem a fiscalização; bem como sua regulamentação, a partir da definição dos critérios e dos preços a serem cobrados nas autuações e penalidades. Ademais, o investimento em monitoramento das caçambas,

por meio de GPS, poderia coibir o despejo irregular, pois o responsável estaria sujeito a rastreamento.

A necessidade de segregação criteriosa realizada pelo gerador demanda também a intensificação da fiscalização nas obras por agentes fiscalizadores, mediante autuação e penalização. Com isso, espera-se que os geradores passem a investir em GRCC como uma das atividades principais da construção, em capacitação para segregação de resíduos e na destinação de espaço físico para a realização da segregação e acondicionamento dos RCC. Além disso, também é necessária a regulamentação da segregação a ser empreendida nas obras, para que seja consolidado um padrão de qualidade do RCC encaminhado para tratamento, seja nas próprias obras ou em infraestruturas de reciclagem externas. Com isso, percebe-se que o enfoque das regulamentações deve ser direcionado aos processos de segregação de RCC, a incentivos econômicos para o fortalecimento da GRCC nas construções civis, além da intensificação da fiscalização dos canteiros de obra e do monitoramento dos locais propícios à disposição irregular.

O estabelecimento de normas e instruções para medições da taxa de geração de RCC nas obras e a construção de índices que permitam a análise e *benchmarking* da geração de resíduos seria benéfico à GRCC. Tais medidas poderiam melhorar os processos realizados nas obras, maximizar a segregação e potencializar a recuperação de RCC, levando à diminuição do aterramento de RCC e ao retorno dos recursos materiais à indústria da construção e à economia.

Ademais, identifica-se uma lacuna na aplicação de materiais reciclados, que deveria ter a demanda ampliada, por meio de políticas de incentivo e obrigatoriedade no uso de materiais reciclados em obras públicas, por exemplo. Isso poderia fomentar o mercado de agregados e outros materiais reciclados, incentivando a confiabilidade na qualidade e segurança desse material secundário, em conformidade com as normas brasileiras. De um lado, a regulação voltada para o mercado de reciclados, além de provocar o aumento do uso desses materiais, causará o aumento das práticas de reuso, segregação e reciclagem nos canteiros de obra, pois são estratégias que se retroalimentam. Por outro lado, incentivos fiscais e subsídios, destinados a empresas de reciclagem de RCC, podem ampliar o mercado, incentivar a expansão da produção e preencher essa lacuna.

É importante salientar que, devido ao uso da alvenaria como principal sistema construtivo no Brasil, a maior parcela dos RCC advém da alvenaria e de outros

materiais que podem ser transformados em agregados reciclados. Por isso, deve-se normatizar, ampliar e difundir a aplicação desse material reciclado na construção civil, com o objetivo de aumentar a demanda pelo agregado reciclado e, por consequência, pelas boas práticas nos canteiros de obras, bem como em toda a cadeia da GRCC.

A cobrança de taxas maiores aos grandes geradores, por exemplo, para o transporte e a disposição final poderia criar uma demanda pela redução, reuso e reciclagem nas obras, uma vez que os custos e os benefícios econômicos são questões prioritárias para os construtores. Por outro lado, poderia causar o aumento do despejo irregular pelos geradores que possuem menor renda. Diante disso, uma possibilidade equitativa seria a instituição de faixas de preços aplicáveis de acordo com o porte e o tipo da obra, que geram diferentes quantidades e materiais de RCC, pela faixa de renda do gerador pessoa física/jurídica ou, ainda, pela qualidade da segregação de RCC alcançada no canteiro. Do mesmo modo, o estabelecimento de recompensas aos geradores que aumentarem as taxas de recuperação de RCC também poderia ser um bom incentivo à implementação da GRCC pelos grandes geradores em suas obras. Com isso, o custo público do tratamento e da destinação final de RCC seria reduzido.

Por fim, os esforços precisam ser concomitantes e aliarem-se à educação ambiental em diferentes instâncias, pois as medidas se justapõem e interferem-se em vários momentos. Os avanços da GRCC atual do DF ainda são recentes, mas estão reconhecidamente em contínuo aprimoramento.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa se propôs a avaliar a sustentabilidade do sistema de gestão de RCC (GRCC) no Distrito Federal (DF) pela abordagem da hierarquia 3Rs e a observar se ela reflete as políticas de resíduos sólidos existentes, implementadas a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010). Embora os esforços para o desenvolvimento e a consolidação da GRCC no DF tenham se iniciado em 2018, considera-se que os avanços promovidos ao longo dos últimos cinco anos foram substanciais e elevaram a GRCC a um patamar minimamente sustentável, tendo em vista que ainda há muito a ser feito.

A revisão de literatura e a coleta de dados tornaram evidente que a geração de RCC é uma das etapas mais cruciais e impactantes na sustentabilidade da GRCC. Considerando a premissa da responsabilidade compartilhada advinda da PNRS (2010), os grandes geradores são os principais responsáveis pelo montante de RCC gerado. Em contrapartida, são os que detêm poder de influência na redução da geração de RCC, bem como no aumento das taxas de recuperação destes resíduos, podendo otimizar significativamente toda a cadeia da GRCC e impactar na sua sustentabilidade. Portanto, suas atitudes são importante fator de contribuição para a hierarquia (3Rs) e a sustentabilidade da GRCC.

A pesquisa identificou a falta de regulamentação de importantes atividades relacionadas à GRCC, assim como de obrigatoriedade na elaboração de planos de gerenciamento de resíduos e da consolidação de boas práticas orientadas para a redução, reuso e reciclagem (3Rs) nas empresas da construção civil. Diante disso, ressalta-se a necessidade de enfoque em ações estratégicas voltadas à redução da geração e à recuperação de RCC, tendo em vista que as boas práticas da origem geradora contribuem para a efetividade da GRCC.

O monitoramento contínuo dos processos da GRCC é imprescindível para identificar os pontos fortes e as debilidades da GRCC em relação à sustentabilidade – que abrange aspectos econômicos, ambientais e sociais. Nesse contexto, o modelo piloto de avaliação da sustentabilidade da GRCC proposto é instrumento útil à simulação e ao monitoramento da GRCC, dado que pode ser adaptado pela própria municipalidade para este fim, tendo em vista as especificidades locais da GRCC.

A aplicação do cálculo da matriz proposta ao caso do Distrito Federal resultou num índice de tendência desfavorável à sustentabilidade. Numa análise ampla, a

GRCC realizada no DF enquadra-se dentre as melhores do contexto apresentado pelo *benchmarking* nacional – que abrangeu parte das maiores capitais brasileiras, além de Florianópolis, que apresentou excelente taxa de recuperação de RCC. Contudo, a avaliação da GRCC do DF provou não atender à legislação, estando em desconformidade com as políticas de resíduos sólidos existentes e aquém do seu potencial de aprimoramento. Apesar disso, considera-se que as perspectivas sejam positivas.

A partir dos resultados obtidos com as simulações realizadas no modelo proposto, verificou-se que o estabelecimento de parcerias com cooperativas e associações de reciclagem contribuiria muito para a sustentabilidade da GRCC no DF, pois tal medida abrange a dimensão social pela inclusão dos catadores na cadeia da GRCC, assim como potencializa a recuperação de RCC, cujo indicador mostrou-se um dos mais importantes nesta avaliação. Os cálculos realizados comprovam a tendência no aumento do custo-benefício da GRCC, à medida que se amplia a triagem e a recuperação dos RCC, denotando a relevância da hierarquia dos 3Rs na definição das ações estratégicas.

Para tanto, a ênfase de ações voltadas para a segregação dos RCC na fonte geradora deve ser prioridade. Além disso, são necessárias medidas direcionadas para a criação e o fortalecimento de um mercado que integre os materiais reciclados para que, com isso, a demanda por materiais reciclados aumente progressivamente. Em síntese, a implementação de ações estratégicas e integradas elevaria a qualidade da GRCC no DF, apontando notáveis benefícios econômicos, ambientais, sociais e firmando a tendência da GRCC favorável à sustentabilidade e à implementação das políticas atuais voltadas para GRCC. Nesse viés, os dois artigos apresentados expressam a relação de causalidade entre a prática dos grandes geradores de RCC e a sustentabilidade da GRCC.

Por fim, recomenda-se a realização de pesquisas futuras direcionadas ao desenvolvimento e à validação do modelo proposto, consolidando-se os cálculos para obtenção dos parâmetros da tendência à sustentabilidade, assim como a validação dos pesos atribuídos a cada indicador. A difusão de um modelo facilmente aplicável a diferentes casos de GRCC tem o potencial de aprimorar a GRCC em grande escala e promover mudanças significativas na sustentabilidade da GRCC brasileira.

## REFERÊNCIAS

ASLAM M.S., HUANG B., CUI L. (2020). *Review of construction and demolition waste management in China and USA*. **Journal of Environmental Management**, v. 264, 2020, 110445, ISSN 0301-4797.

AJAYI, S. O., OYEDELE, L. O. (2017). *Policy imperatives for diverting construction waste from landfill: Experts' recommendations for UK policy expansion*. **Journal of Cleaner Production**, v. 147, 57-65, 2017.

AZEVEDO, G. O. D., KIPERSTOK, A., MORAES, L. R. S. (2006). Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 11 (1), 65-72.

BESEN, Gina Rizpah. (2011) **Coleta seletiva com inclusão de catadores no Brasil: construção participativa de indicadores de sustentabilidade**, 274 p. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. São Paulo, 2011.

BESEN, G. R., RIBEIRO, H., GÜNTHER, W. M. R. (2012). **Coleta seletiva com inclusão de catadores no Brasil: construção participativa de indicadores de sustentabilidade**. *In: Indicadores de sustentabilidade e gestão ambiental / Editores Arlindo Philippi Jr, Tadeu Fabrício Malheiros*. Barueri, São Paulo. Manole, 2012 (Coleção ambiental; 12).

BLUMENSCHNEIN, R. N. (2004) **A Sustentabilidade na Cadeia Produtiva da Indústria da Construção**, 263 p., 24 mm. Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, 2004.

BRASIL. (2010a). **Decreto nº. 7.404, de 23 de dezembro de 2010** – Regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

BRASIL. (2010b). **Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010** – *Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil*. Diário Oficial da União, Brasília, 2 de agosto, 2010.

BRASIL. (2010c). **Decreto nº. 10.936, de 12 de janeiro de 2010** – Regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

BRASIL. (2022). **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022** – *Regulamenta a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Diário Oficial da União, Brasília, 12 de janeiro, 2022.

CAMPOS, H. K. T. Como fechamos o segundo maior lixão do mundo. **Revista Brasileira de Planejamento e Orçamento**. Brasília v. 8, nº 2, 2018, p. 204 - 253. Disponível em: [www.assecor.org.br/rbpo](http://www.assecor.org.br/rbpo). Acesso em 16 out. 2021.

CHENG, B., HUANG, J., LI, J., CHEN, S., CHEN, H. (2022). *Improving contractor's participation of resource utilization in construction and demolition waste through government incentives and punishments*. **Environmental Management**, v. 70, 666–680, 2022.

CODEPLAN. (2023). Companhia de Planejamento do Distrito Federal. Brasília Metropolitana. Brasília, janeiro de 2023. Disponível em <<https://brasiliametropolitana.ipe.df.gov.br/>>.

CONAMA. (2002). 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 União, Brasília, 17 de julho. 2002.

CRESWELL, J.W. (2010). **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3ª Ed, Porto Alegre, Artmed, 296 p., 2010.

CRUVINEL, P. B. (2016). **Análise da gestão de resíduos da construção civil e demolição no Distrito Federal com proposição de indicadores de sustentabilidade ambiental**, 121 p., Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Brasília, 2016.

D-WASTE. (2022). *Waste Atlas - a crowdsourcing free access map that visualizes municipal solid waste management data across the world for comparison and benchmarking purposes*. Disponível em: <http://www.atlas.d-waste.com/>. Acesso em: 10 de março de 2022.

ELSHABOURY, N., AL-SAKKAF, A., ABDELKADER, E. M., ALFALAH, G. (2022). *Construction and demolition waste management research: A science mapping analysis*. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19 (8), 2022.

ESA, M. R., HALOG, A., RIGAMONTI, L. (2017). *Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malaysia*. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 120, 219-229, 2017.

ESGUÍCERO, F. J., DEUS, R. M., BATISTELLE, R. et al. (2021). *Construction and demolition waste management process modeling: a framework for the Brazilian*

contexto. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 23(5), 2037-2050, 2021.

FIBRA. (2022). Federação das Indústrias do Distrito Federal. **Pesquisa de Mercado: Sondagem ambiental na indústria da construção civil**. Manuscrito não publicado, julho, 2022.

GDF. (2011). **Lei nº. 4.704, de 20 de dezembro de 2011** – *Dispõe sobre a gestão integrada de resíduos da construção civil e de resíduos volumosos e dá outras providências*. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, 21 dez., 2011.

GDF. (2012). **Decreto nº. 33.825, de 08 de agosto de 2012** – *Institui o Comitê Gestor do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Volumosos do Distrito Federal de que trata o Art. 14 da Lei nº. 4.704, de 20 de dezembro de 2011 e dá outras providências*. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, 09 ago., 2012.

GDF. (2013). **Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil e Resíduos Volumosos no Distrito Federal – PIGRCC**. Brasília, Dezembro, 2013.

GDF. (2014). **Decreto nº. 5.418, de 24 de novembro de 2014** – *Dispõe sobre a Política Distrital de Resíduos Sólidos e dá outras providências*. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, 1 dez, 2014.

GDF. (2018). **Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PDGIRS**. Brasília, Março, 2018.

GERHARDT, T. E., SILVEIRA, D. T. (2009). **Métodos de Pesquisa** / (Org.); coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GUIMARÃES, D., FIORE, F. (2020). 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, 5, p. 753-766, 2020.

HOORNWEG, D. & BHADA-TATA, P. (2012). *World Bank – Urban Development Series – Knowledge Papers*. **What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management**. 2012.

HUANG, B., WANG, X., KUA, H., GENG, Y., BLEISCHWITZ, R., REN, J. (2018). *Construction and demolition waste management in China through the 3R principle*. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 129, 2018, 36–44.

INOJOSA, Fernanda Cunha Pirillo. (2010). **Gestão de Resíduos de Construção e Demolição: a resolução CONAMA 307/2002 no Distrito Federal**. 225 p. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, 2010.

IODICE, S., GARBARINO, E., CERRETA, M., TONINI, D. (2021). *Sustainability assessment of Construction and Demolition Waste management applied to an Italian case*. **Waste Management**, v. 128, p. 83-98, 2021.

IPEA. (2012). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. 2012.

JACOBI, P.R., BESEN, G.R. (2011). Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Revista Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, 135-158, 2011.

KABIRIFAR, K., MOJTAHEDI, M., WANG, C.C., TAM, V.W.Y. (2020a). *A conceptual foundation for effective construction and demolition waste management*. **Cleaner Engineering and Technology**, v. 1, 2020.

KABIRIFAR, K., MOJTAHEDI, M., WANG, C., TAM, V.W.Y. (2020b). *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, 2020.

KABIRIFAR, K., MOJTAHEDI, M., WANG, C.C., TAM, V.W.Y. (2021a). *Effective construction and demolition waste management assessment through waste management hierarchy; a case of Australian large construction companies*. **Journal of Cleaner Production**, v. 312, 2021.

KABIRIFAR, K., MOJTAHEDI, M., WANG, C.C. (2021b). *A systematic review of construction and demolition waste management in Australia: Current practices and challenges*. **Recycling**, v. 6(34), 2021.

KAMINO, G., GOMES, S., BRAGANÇA, L. (2019). *Improving the sustainability assessment method SBTool Urban - A critical review of construction and demolition waste (CDW) indicator*. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 225, 2019.

KLEIN, F., DIAS, S. (2017). A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 483, 40(0), 2017.

LU, W., YUAN, H. (2011). *A framework for understanding waste management studies in construction*. **Waste Management**, v. 31 (6), p. 1252-1260, 2011.

LU, W., YUAN, H., LI, J. et al. (2011). *An empirical investigation of construction and demolition waste generation rates in Shenzhen city, South China*. **Waste Management**, v. 31 (4), p. 680-687, 2011.

MARZOUK, M., AZAB, S. (2014). *Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics*. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 82, 41-49, 2014.

MEDEIROS, C. R., SILVA, J. A. F. da. (2016). *Gestão dos resíduos da construção civil: estudo de caso no município de Macaé, RJ*. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 10 (1), 225-251, 2016.

MEIRA, A. R., ARAÚJO, N. M. C., NÓBREGA, C. C., MEIRA, G. R. (2007). *Modelo para avaliação do desempenho do sistema de gestão para resíduos, com base em soluções propostas para o caso de João Pessoa-PB*. **Holos**, v. 1, 2007.

ONU. (2015). *Organização das Nações Unidas. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. 2015.

ONU. (2019). **World Urbanization Prospects: the 2018 revision**. *United Nations Department of Economic and Social Affairs*, pp. 59, 78. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/3833745>. Acesso em: 24 de agosto de 2021.

PAES, M. X., MEDEIROS, G. A., BORTOLETO, A. P., OLIVEIRA, J. A. P., KULAY, L. A. (2020). *Municipal solid waste management: Integrated analysis of environmental and economic indicators based on life cycle assessment*. **Journal of Cleaner Production**, v. 254, 2020.

PAHL-WOSTL, C., BASURTO, X, VILLAMAYOR-TOMAS, S. (2021). **Comparative case study analysis**. In: *The Routledge Handbook of Research Methods for Social-Ecological Systems*. Routledge, versão aberta. Disponível em: [www.taylorfrancis.com](http://www.taylorfrancis.com). Acesso em: 21 de outubro de 2021.

PAZ, D. H. F., LAFAYETTE, P. V., HOLANDA, K. J. O., SOBRAL, M. C. M., COSTA, L. A. R. C. (2020). *Assessment of environmental impact risks arising from the illegal dumping of construction waste in Brazil*. **Environment, Development and Sustainability**, v. 22, 2289-2304, 2020.

RAMOS, M. P., SCHABBACH, L. M. (2012). *O estado da arte da avaliação de políticas públicas: conceituação e exemplos de avaliação no Brasil*. **Revista de Administração Pública**, v. 46, 1271-1294.

RATNASABAPATHY, S., ALASHWAL, A., PERERA, S. (2020). *Investigation of waste diversion rates in the construction and demolition sector in Australia*. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 11 (3), 427-439, 2020.

ROSADO, L. P., VITALE, P., PENTEADO, C. S. G., ARENA, U. (2019). *Life cycle assessment of construction and demolition waste management in a large area of São Paulo State, Brazil*. **Waste Management**, v. 85, 477-489, 2019.

ROSADO, L. P., PENTEADO, C. S. G. (2020). Gestão municipal dos resíduos da construção civil: influência da taxa de disposição em aterros. **Ambiente e Sociedade**, v. 23, 1-21, 2020.

SINJ-DF. Sistema Integrado de Normas Jurídicas do Distrito Federal. Disponível em: <https://www.sinj.df.gov.br/sinj/>. Acessado em janeiro de 2023.

SILVA, P. J., BRITO, M. J., PEREIRA, M. C., AMÂNCIO, R. (2006). Políticas e práticas de gestão ambiental: uma análise da gestão dos resíduos da construção civil na cidade de Belo Horizonte (MG). **Cadernos EBAPE.BR**, v. 4(3), 01-25, 2006.

SILVA, A. C. B. (2017). **Avaliação da implementação da política nacional de resíduos sólidos em municípios goianos**. 2017. 230 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

SILVA, C. L., FUGII, G. M., SANTOYO, A. H. (2017). Proposta de um modelo de avaliação das ações do poder público municipal perante as políticas de gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil: um estudo aplicado ao município de Curitiba. **Urbe**, v. 9(2), 276-292, 2017.

SILVA, V., CONTRERAS, F., BORTOLETO, A. P. (2021). *Life-cycle assessment of municipal solid waste management options: A case study of refuse derived fuel production in the city of Brasília, Brazil*. **Journal of Cleaner Production**, v. 279, 2021.

SLU. (2018). Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal. **Relatório Anual - 2018. Fechando o Ciclo – Relatório de Encerramento da Gestão 2015-2018**.

SLU. (2019). Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal. **Relatório Anual de 2019. SLU assina novos contratos de limpeza urbana e inicia o tratamento de chorume**.

SLU. (2020). Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal. **Relatório Anual de 2020. Ampliação da Coleta Seletiva e Impactos da Pandemia nos Serviços de Limpeza Urbana**.

SLU. (2021). Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal. **Relatório Anual de 2021.**

SLU. (2022). Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal. **Relatório Jan-Set 2022.**

SNIS. (2020). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Painel de Indicadores do Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos, 2020.**

TAELMAN, S., SANJUAN-DELMÁS, D., TONINI, D., DEWULF, J. (2020). *An operational framework for sustainability assessment including local do global impacts: Focus on waste management systems. Resources, Conservation and Recycling*, v. 162, 104964, 2020.

UNICEF. (2014). **Comparative Case Studies: Methodological Briefs - Impact Evaluation No. 9**, *Methodological Briefs* no. 9.

WANG, J., WU, H., TAM, V.W.Y., ZUO, J., (2018). *Considering life-cycle environmental impacts and society's willingness for optimizing construction and demolition waste management fee: an empirical study of China. Journal of Cleaner Production*. v. 206, 1004–1014.

WU, H., ZUO, J., YUAN, H., ZILLANTE, G., WANG, J. (2019). *A review of performance assessment methods for construction and demolition waste management. Resources, Conservation and Recycling*, v. 150, july, 2019.

YUAN, Hongping. (2013). *Key indicators for assessing the effectiveness of waste management in construction projects. Ecological Indicators*, v. 24, p. 476-484, 2013.

## APÊNDICE I – Roteiros das entrevistas semiestruturadas

### 1. Questionário para Perfil E.G. – Geradores de RCC

- a. Você tem conhecimento sobre a responsabilidade compartilhada pela gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC), em relação às disposições da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) e do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e de Resíduos Volumosos no Distrito Federal (PIGRCC, 2013)? Nesse sentido, o que é aplicado na obra?
- b. Você tem conhecimento sobre e são realizadas práticas de redução, reuso e reciclagem de resíduos na obra? Quais práticas são aplicadas na obra?
- c. São realizadas práticas para a redução da geração de RCC na execução das obras, como a capacitação da mão-de-obra visando à redução das perdas de materiais?
- d. Com qual periodicidade são realizadas capacitações visando ao aprimoramento da gestão de RCC durante o processo de construção? Quem participa das capacitações?
- e. São utilizados materiais reciclados oriundos de RCC na construção de novas edificações. Se não, por quê?
- f. São realizadas práticas de reuso na obra? Quais?
- g. Há plano de gestão de RCC na obra?
- h. Há coleta de dados e gestão de indicadores sobre RCC referentes à obra?
- i. Há um local no canteiro de obra destinado especificamente à segregação e gestão de RCC?
- j. É realizada gravimetria dos resíduos no canteiro?

## 2. Roteiro de entrevistas para Perfil E1 – Gestor público em resíduos sólidos (SLU)

- a. Qual é a concepção de sustentabilidade adotada pelo órgão para a definição da gestão de RCC?
- b. O órgão considera a gestão dos RCC realizada no DF adequada em relação às disposições da PNRS (2010)?
- c. O órgão considera a gestão dos RCC realizada no DF adequada em relação a práticas de redução, reuso e reciclagem de resíduos? Por quê?
- d. O órgão considera a gestão dos RCC realizada no DF em consonância com as práticas mais avançadas e sustentáveis no contexto mundial? Por quê?
- e. Há projetos desenvolvidos e/ou parcerias firmadas com agências de desenvolvimento e de preservação do meio ambiente estrangeiras para a gestão de RCC? Quais são?
- f. Há políticas públicas a serem implementadas na gestão de RCC do DF para o aprimoramento da gestão de RCC e geração de benefícios socioeconômicos e ambientais? Quais são? Em que estágio de elaboração/implementação se encontram?
- g. Atualmente, o aterramento de inertes é realizado no antigo lixão da Estrutural. Há previsão de destinação de área adequada ao aterro exclusivo de inertes?

### **3. Roteiro de entrevistas para Perfil E2 – Técnico servidor público em gestão de RCC (URE)**

- a. Quais são as etapas da gestão de RCC realizada antes e após a chegada dos RCC na URE?
- b. Quais são as instalações físicas e as divisões por onde passam os RCC na URE?
- c. Quais são as operações que ocorrem na URE? Em quais instalações ocorrem?
- d. As operações que ocorrem na URE são compatíveis com práticas de redução, reuso e reciclagem de resíduos? Por quê?
- e. Com base no seu conhecimento técnico, quais medidas e/ou operações poderiam ser implementadas para melhorar a gestão de RCC no DF, considerando as práticas de redução, reuso e reciclagem de resíduos?
- f. Como poderia ser incrementado o percentual de materiais recicláveis e a redução de materiais inertes aterrados?
- g. Dados referentes aos RCC não publicados no relatório anual do ano vigente.

#### **4. Roteiro de entrevistas para Perfil E3 – Gestor público em resíduos sólidos (SEMA)**

- a. Qual é a concepção de sustentabilidade adotada pelo órgão para a definição da gestão de RCC?
- b. O órgão considera a gestão dos RCC realizada no DF adequada em relação às disposições da PNRS (2010)?
- c. O órgão considera a gestão dos RCC realizada no DF adequada em relação a práticas de redução, reuso e reciclagem de resíduos? Por quê?
- d. O órgão considera a gestão dos RCC realizada no DF em consonância com as práticas mais avançadas e sustentáveis no contexto mundial? Por quê?
- e. Há projetos desenvolvidos e/ou parcerias firmadas com agências de desenvolvimento e de preservação do meio ambiente estrangeiras para a gestão de RCC? Quais são?
- f. Qual é o nível de implementação da PNRS no DF segundo órgão? Por quê?
- g. Há políticas públicas a serem implementadas na gestão de RCC do DF para o aprimoramento da gestão de RCC e geração de benefícios socioeconômicos e ambientais? Quais são? Em que estágio de elaboração/implementação se encontram?
- h. Quais são as principais dificuldades encontradas na implementação da PNRS, sobretudo em relação ao seu Art. 9º?

## 5. Roteiro de entrevistas para Perfil E4 – Fiscalizador público da gestão de RCC (DF LEGAL)

- a. Pela experiência do DF LEGAL, quais são os principais motivos que levam ao descarte irregular de RCC?
- b. Pela experiência do órgão, qual é a origem do descarte irregular?
- c. Há algum padrão observado entre o descarte irregular de RCC e as obras informais/autoconstrução? O órgão considera a gestão dos RCC realizada no DF adequada em relação a práticas de redução, reuso e reciclagem de resíduos? Por quê?
- d. Quais são as regiões onde ocorrem as maiores incidências de descarte irregular?
- e. É observada a existência de “pontos viciados” de descarte irregular? Qual costuma ser a relação desses pontos com o contexto urbano onde se localiza? Qual é o nível de implementação da PNRS no DF segundo órgão? Por quê?
- f. Há ações para identificar transportadores de RCC irregulares?
- g. Ocorre a deposição irregular de RCC por transportadores cadastrados junto ao e-RCC?
- h. Quais são as ações previstas para a intensificação das fiscalizações e inibição do descarte irregular no DF?

## APÊNDICE II – Respostas aos questionários – Perfil E.G. – Geradores de RCC

---

### Perfil E-G.I.

Nome entrevistado: Alana Silva

Construtora: Pessoa física – Obra própria

Quantidade de funcionários na construtora: N/A

Tipologia obra: Reforma de interiores em apartamento de edifício multifamiliar.

Endereço Obra: Octogonal

Área Construída: 107 m<sup>2</sup>

---

P) Você tem conhecimento sobre a responsabilidade compartilhada pela gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC), em relação às disposições da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) e do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e de Resíduos Volumosos no Distrito Federal (PIGRCC, 2013)?

R) Sim, mas nunca li a PNRS, nem o PIGRCC.

P) Nesse sentido, o que é aplicado na obra?

R) -

P) Você tem conhecimento sobre e são realizadas práticas de redução, reuso e reciclagem de resíduos na obra?

R) Sim.

P) Quais práticas são aplicadas na obra?

R) Na obra, prioriza-se a reutilização dos materiais existentes na obra (e que não serão mantidos no projeto) por meio da doação ou venda, para que não virem resíduo e, além disso, para reduzir o volume de RCC gerado e o custo com o transporte e disposição final (custo das caçambas). Ao final da obra, se fica algum resíduo, é destinado ao Papa-Entulho do SLU.

P) São realizadas práticas para a redução da geração de RCC na execução das obras, como a capacitação da mão-de-obra visando à redução das perdas de materiais?

R) Não há capacitação por ser uma obra de pessoa física, com equipe pequena. Mas são adotadas as práticas mencionadas acima.

P) Com qual periodicidade são realizadas capacitações visando ao aprimoramento da gestão de RCC durante o processo de construção? Quem participa das capacitações?

R) N/A.

P) São utilizados materiais reciclados oriundos de RCC na construção de novas edificações? Quais? Se não, por quê?

R) Não. Os materiais utilizados são novos. Não tenho conhecimento sobre materiais reciclados.

P) São realizadas práticas de reuso na obra? Quais?

R) Não.

P) Há plano de gestão de RCC na obra?

R) Não.

P) Há coleta de dados e gestão de indicadores sobre RCC referentes à obra?

R) Não.

P) Há um local no canteiro de obra destinado especificamente à segregação e gestão de RCC?

R) Não.

P) É realizada gravimetria dos resíduos no canteiro?

R) Não.

---

## Perfil E-G.P.

Nome entrevistado: Charles Borduni

Construtora: Pragma Construtora e Incorporadora Ltda

Quantidade de funcionários na construtora: 07 (sete)

Tipologia obra: Edifício residencial com 04 pavimentos – Moradia popular.

Endereço Obra: QS 12 Conjunto 02 Lote 01 – Riacho Fundo II

Área construída: -

---

P) Você tem conhecimento sobre a responsabilidade compartilhada pela gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC), em relação às disposições da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) e do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e de Resíduos Volumosos no Distrito Federal (PIGRCC, 2013)? Nesse sentido, o que é aplicado na obra?

R) A obra tem conhecimento das normativas vigentes. Com base na resolução do CONAMA n° 307/2022, os resíduos são classificados na obra por classes: “A”, “B”, “C” e “D”. Em nossas obras somente temos resíduos de classe “A”, “B” e “C”.

P) Você tem conhecimento sobre e são realizadas práticas de redução, reuso e reciclagem de resíduos na obra? Quais práticas são aplicadas na obra?

R) A empresa teve como estratégia criar projetos dimensionados para não gerar resíduos. Dessa forma, temos como exemplo projeto de paginação de alvenaria estrutural que nos permite comprar os blocos de acordo com suas posições e tipos. Assim não é necessário quebrar blocos ou cortá-los.

P) São realizadas práticas para a redução da geração de RCC na execução das obras, como a capacitação da mão-de-obra visando à redução das perdas de materiais? Com qual periodicidade são realizadas capacitações visando ao aprimoramento da gestão de RCC durante o processo de construção? Quem participa das capacitações?

R) Pensando nesse quesito, contratamos empreiteiros especializados em suas atividades. Todos os empreiteiros tem LTCAT e PGRCC contidos em suas documentações e por fim juntamente com o DDS realizado na obra tbm é feito treinamento com as equipes.

P) São utilizados materiais reciclados oriundos de RCC na construção de novas edificações? Quais? Se não, por quê?

R) Somente a madeira utilizada no escoramento e nas formas são reutilizadas em novas obras. Pois outros materiais são comprados e aplicado na obra não havendo desperdícios na execução.

P) São realizadas práticas de reuso na obra? Quais?

R) Após a utilização das madeiras. São armazenadas sobre suportes e cobertas com lona para futura utilização.

P) Há plano de gestão de RCC na obra?

R) A obra possui PGRCC.

P) Há coleta de dados e gestão de indicadores sobre RCC referentes à obra?

R) A obra não faz controle de dados.

P) Há um local no canteiro de obra destinado especificamente à segregação e gestão de RCC?

R) Na obra há espaços destinados para segregação dos resíduos, como a sobra do corte dos vergalhões, arames cortados e pregos retirados na desmontagem das formas.

P) É realizada gravimetria dos resíduos no canteiro?

R) Ainda não realizamos essa medição.

---

## Perfil E-G.M.

Nome entrevistado: Edson de Jesus Rocha

Construtora: Essa Empreendimentos – SPE Terral 123

Quantidade de funcionários na construtora: > 50 colaboradores

Tipologia obra: Edificação residencial de até 4 pavimentos

Endereço Obra: Rua 26, Águas Claras

Área Construída: -

---

P) Você tem conhecimento sobre a responsabilidade compartilhada pela gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC), em relação às disposições da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) e do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e de Resíduos Volumosos no Distrito Federal (PIGRCC, 2013)?

R) Sim, temos conhecimento.

P) Nesse sentido, o que é aplicado na obra?

R) Separação de resíduos recicláveis, disposição especial para contaminantes, lava-rodas, lava-bicas, projeto de drenagem e acompanhamento de qualidade efluente lançado em rede, treinamento de mão de obra, melhoria contínua, etc.

P) Você tem conhecimento sobre e são realizadas práticas de redução, reuso e reciclagem de resíduos na obra?

R) Sim.

P) Quais práticas são aplicadas na obra?

R) Reciclagem de papelão e outros papéis, reciclagem de madeira que é doada para uma cooperativa localizada na Estrutural, redução de desperdício de aço, comprando já cortado e dobrado, então não tem o corte de aço na obra.

P) São realizadas práticas para a redução da geração de RCC na execução das obras, como a capacitação da mão-de-obra visando à redução das perdas de materiais?

R) Sim.

P) Com qual periodicidade são realizadas capacitações visando ao aprimoramento da gestão de RCC durante o processo de construção? Quem participa das capacitações?

R) Foi contratada uma consultoria realizada por Engenheira Ambiental, que visita a obra quinzenalmente e fiscaliza as práticas executadas na obra, emitindo relatórios e orientando para melhorias. É direcionada a todos os funcionários.

P) São utilizados materiais reciclados oriundos de RCC na construção de novas edificações? Quais? Se não, por quê?

R) Sim, por exemplo areia reciclada, portas de PVC, isopor, etc.

P) São realizadas práticas de reuso na obra? Quais?

R) Sim, reuso de água.

P) Há plano de gestão de RCC na obra?

R) Sim.

P) Há coleta de dados e gestão de indicadores sobre RCC referentes à obra?

R) Ainda não, mas está em início de implantação e acompanhamento sob a tutela de nossa engenheira ambiental.

P) Há um local no canteiro de obra destinado especificamente à segregação e gestão de RCC?

R) Sim, mas, no momento, só para os resíduos domiciliares gerados pelo pessoal no ambiente da obra. Além disso, há uma baia para armazenamento de madeiras e está em fase de implantação as baias para segregação dos metais e plásticos, pois a obra ainda está em fase inicial.

P) É realizada gravimetria dos resíduos no canteiro?

R) Não.

---

### Perfil E-G.G.

Nome entrevistado: Luiz Gustavo Dantas Gonçalves

Cargo: Gerente de Planejamento Regional

Construtora: Brasal Incorporações

Quantidade de funcionários na construtora: > 1000 colaboradores

Tipologia obra: Residencial, 6 pavimentos em concreto armado e protendido

Endereço Obra: SQNW 302 Bloco F, Noroeste.

Área Construída: 15.100 m<sup>2</sup>

---

P) Você tem conhecimento sobre a responsabilidade compartilhada pela gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC), em relação às disposições da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) e do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e de Resíduos Volumosos no Distrito Federal (PIGRCC, 2013)? Nesse sentido, o que é aplicado na obra?

R) Sim. Em todas as obras, é contratada consultoria ambiental. A maioria das obras está com a Luciana, da Sou Ambiental, que faz acompanhamento desde a implementação do canteiro de obras até a fase de desmobilização, nesse sentido de fazer uma segregação e destinação correta de resíduos ao longo de todo o ciclo da obra.

P) Você tem conhecimento sobre e são realizadas práticas de redução, reuso e reciclagem de resíduos na obra? Quais práticas são aplicadas na obra?

R) As obras costumam fechar o ciclo: adquire-se o material, utiliza-o na obra, recicla-o e ele retorna pra obra de alguma forma. Ex.: do gabarito do prolongador das instalações das passagens na laje, a serragem é separada e utilizada para fazer o briquetes – mistura de gesso com pó de serragem que forma uma espécie de corpo de prova que será utilizado como forma para a passagem, evitando furos e geração de resíduos posteriores.

Outra prática utilizada é a utilização de brita reciclada. Todos os subsolos das obras utilizam brita reciclada da própria obra – reciclada em estrutura externa – como camada drenante.

P) São realizadas práticas para a redução da geração de RCC na execução das obras, como a capacitação da mão-de-obra visando à redução das perdas de materiais? Com

qual periodicidade são realizadas capacitações visando ao aprimoramento da gestão de RCC durante o processo de construção? Quem participa das capacitações?

R) Sim. Há metas de redução de geração de resíduos. Não usamos ancoramento convencional, somente metálico; substituímos guarda-corpo de madeira por metálico e tela de proteção; algumas obras contrataram projeto específico de paginação das formas para reduzir as perdas. Substituição dos ensacados pelos silos; Bloco de concreto nas alvenarias.

Todas as obras possuem o plano de gerenciamento da obra, com consultoria ambiental. Palestras mensais para a equipe de obras.

P) São utilizados materiais reciclados oriundos de RCC na construção de novas edificações? Quais? Se não, por quê?

R) Sim. A obra utiliza brita reciclada de resíduo gerado na própria obra.

P) São realizadas práticas de reuso na obra? Quais?

R) Há reuso de água da chuva, por meio de captação com calhas, que são direcionadas para reservatórios e utilizadas para lavagem dos caminhões betoneira, das rodas dos caminhões para não sujar a via pública, para lavar as instalações do próprio canteiro.

As madeiras de formas são reutilizadas em outras etapas da obra.

P) Há plano de gestão de RCC na obra?

R) Sim. É elaborada por empresa contratada.

P) Há coleta de dados e gestão de indicadores sobre RCC referentes à obra?

R) Sim. Durante as prestações de conta do mês são apresentados os indicadores de consumo de água, de energia e uma nota de sustentabilidade – as ações que acontecem visando à sustentabilidade.

P) Há um local no canteiro de obra destinado especificamente à segregação e gestão de RCC?

R) Sim, há baias de resíduos, separados por classe, baia de madeira, baia de gesso, EPIs e outros materiais, à medida em que a obra vai evoluindo e novos materiais vão sendo incorporados. Há segregação constante de materiais da coleta seletiva (papel, metal, vidro e plástico), que são direcionados a cooperativa parceira.

P) É realizada gravimetria dos resíduos no canteiro?

R) Não.

### **APÊNDICE III – Solicitação padrão ao Portal da Transparência (e-SIC) – Etapa *benchmarking***

Solicito informações acerca da gestão dos RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL - RCC referentes à cidade de (NOME) nos anos de 2021 e 2022. Os dados, especificamente, são:

1. Custo total da coleta de RCC, discriminado por contratos de empresas terceirizadas e empresas públicas, por tipo de coleta (manual ou mecanizada), e por mês de operação e total/ano, referentes a 2021 e 2022;
2. Quantidade coletada de RCC, discriminada por empresas e tipo de coleta e por mês de operação e total/ano, referentes a 2021 e 2022;
3. Quantidade total de RCC aterrado, discriminada mês a mês e total/ano, referentes a 2021 e 2022;
4. Custo do aterramento de RCC, discriminado mês a mês e total/ano, referentes a 2021 e 2022;
5. Quantidade de RCC triada e reaproveitada, discriminada mês a mês e total/ano, referentes a 2021 e 2022;
6. Custo do manejo/triagem para reaproveitamento/reciclagem, discriminado mês a mês e total/ano, referentes a 2021 e 2022;
7. Número de parcerias com cooperativas e/ou empresas de reciclagem para destinação dos resíduos destinados ao reaproveitamento/reciclagem, caso haja o envolvimento de cooperativas de catadores de resíduos nas operações, referentes a 2021 e 2022.