



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL : ESTRUTURAS E
CONSTRUÇÃO CIVIL

DENISE ALVES LEAL

MAPEAMENTO DO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL EM FORTALEZA

FORTALEZA

2019

DENISE ALVES LEAL

MAPEAMENTO DO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL EM FORTALEZA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Estruturas e Construção Civil. Área de concentração: Construção Civil – Gerenciamento de Empresas e Empreendimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vanessa Ribeiro Campos

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

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

L47m Leal, Denise Alves.
Mapeamento do processo de gerenciamento dos resíduos da construção civil em Fortaleza / Denise Alves
Leal. – 2019.
90 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Fortaleza, 2019.
Orientação: Profa. Dra. Vanessa Ribeiro Campos.

1. Gerenciamento de RCC. 2. Logística Reversa. 3. Sustentabilidade. 4. Hierarquização do RCC. I. Título.
CDD 624.1

DENISE ALVES LEAL

MAPEAMENTO DO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL EM FORTALEZA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Estruturas e Construção Civil. Área de concentração: Construção Civil – Gerenciamento de Empresas e Empreendimentos.

Aprovada em: 27/02/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Vanessa Ribeiro Campos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antônio Eduardo Bezerra Cabral
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dr^ª. Yovana Maria Barrera Saavedra
Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)

A Deus, a quem seja toda a glória pelos
séculos dos séculos!

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À Prof^a. Dr^a. Vanessa Ribeiro Campos, pela orientação e dedicação durante todo o mestrado e, especialmente, durante a elaboração desta pesquisa.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Antônio Eduardo Bezerra Cabral e Prof^a. Dr^a. Yovana Maria Barrera Saavedra pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores e demais colaboradores entrevistados, pelo tempo e informações concedidos, essenciais para a elaboração desta dissertação.

Aos colegas da turma do mestrado, pelo companheirismo e pelas dicas, reflexões, críticas e sugestões compartilhadas.

Aos meus queridos familiares e namorado pelo amor, apoio, paciência e incentivo despendidos durante todos esses meses longe de casa.

Aos meus amados irmãos da Igreja Batista de Parquelândia, pelas orações, carinho, acolhida e companhia a mim prestados ao longo da minha jornada em Fortaleza.

Ao meu SENHOR, por me tornar sua filha por intermédio de Cristo Jesus e por firmar em meu coração a certeza de que, mais do que qualquer título que eu possa conquistar em minha vida, eu sou dEle e Ele é meu!

“A convicção de ignorância é a porta de entrada do templo da sabedoria”

C. H. Spurgeon

RESUMO

A construção civil figura entre as principais causadoras de impactos ambientais, não somente em virtude do consumo de recursos naturais, como também pela disposição indiscriminada dos Resíduos da Construção Civil (RCC). Dessa forma, esse estudo buscou mapear o fluxo de processos do RCC – desde a geração até a reinserção no mercado ou disposição final – e hierarquizar os resíduos conforme sua prioridade de reaproveitamento. A metodologia da pesquisa foi dividida em duas partes: a primeira etapa se pautou na realização de entrevistas semiestruturadas com representantes do setor público e privado do processo de gerenciamento de RCC; a segunda etapa contou com a participação de dois especialistas técnicos e uma empresa de construção para a criação e aplicação, respectivamente, de um instrumento de hierarquização de RCC. A pesquisa resultou na caracterização das atividades individuais e coletivas de empresas locais envolvidas na logística reversa do RCC e dos intervenientes do processo, além da listagem dos seus principais entraves. A primeira etapa da pesquisa provou a necessidade do estudo da cadeia reversa do RCC para propor soluções adequadas para os entraves listados pelos seus participantes. A segunda etapa serviu para reiterar os resultados obtidos na primeira, ao apontar os resíduos com maior necessidade de reaproveitamento, a saber, resíduos classe A, madeira e gesso. A hierarquização foi relevante por possibilitar a previsão dos resíduos com maior necessidade de tratamento de forma imparcial e direta. Conclui-se que existe a necessidade de criação de novos planos de ação, políticas de incentivos, leis e aplicação de sanções que permitam o avanço da atuação sustentável na construção civil, além da maior conscientização dos *stakeholders*, desburocratização para implantação de usinas de reciclagem, incentivos para os produtores e compradores de produtos reciclados, maior fiscalização da triagem, transporte e destinação final do RCC.

Palavras-chave: Gerenciamento de RCC. Logística Reversa. Sustentabilidade. Hierarquização do RCC.

ABSTRACT

Civil construction is one of the main causes of environmental impacts, not only due to the consumption of natural resources, but also due to the indiscriminate disposal of Construction and Demolition Waste (CDW). Thus, this study sought to map the flow of CDW processes – from generation to reinsertion in the market or final disposal – and hierarchize the waste according to its reuse priority. The research methodology was divided into two parts: the first step was to conduct semi-structured interviews with public and private sector representatives of the CDW management process; the second stage was attended by two technical specialists and a construction company for the creation and application, respectively, of a CDW hierarchy instrument. The research resulted in the characterization of the individual and collective activities of local companies involved in the reverse logistics of the CDW and the stakeholders of the process, in addition to listing their main obstacles. The first step of the research proved the need to study the CDW reverse chain to propose suitable solutions to the obstacles listed by its participants. The second step served to reiterate the results obtained in the first one, pointing out the residues with the greatest need for reuse, namely class A waste, wood and gypsum. The hierarchization was relevant because it enabled the prediction of the residues with greater need of treatment in an impartial and direct way. It is concluded that there is a need for the creation of new action plans, incentive policies, laws and sanctions application that allow the progress of sustainable performance in construction, as well as greater awareness of stakeholders, reduction of bureaucracy for the implementation of recycling plants, incentives for producers and buyers of recycled products, greater supervision of sorting, transportation and final destination of CDW.

Keywords: CDW Management. Reverse Logistic. Sustainability. CDW Hierarchy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sustentabilidade e suas dimensões na ICC	20
Figura 2 – Cadeia de suprimentos direta e indireta na Construção Civil	24
Figura 3 – Composição do RCC nas usinas	30
Figura 4 – Fluxograma da metodologia da pesquisa	41
Figura 5 – Participantes da pesquisa para etapas 1 e 2	42
Figura 6 – Acessório utilizados pela construtora para a segregação de RCC no canteiro	46
Figura 7 – Composição do RCC de Fortaleza por classe entre 2016 e 2018	47
Figura 8 – Composição do RCC reaproveitável (classes A e B) entre 2016 e 2018	48
Figura 9 – Empresas de transporte licenciadas.....	49
Figura 10 – Destinação de todas as classes de RCC segundo seu destino final entre 2016 e 2018	50
Figura 11 – Destinação de RCC classe A (exceto A1) de acordo com o destino final entre 2016 e 2018.....	51
Figura 12 – Instalações da usina de reciclagem B.....	52
Figura 13 – Instalações da usina de reciclagem C	53
Figura 14 – Conjunto habitacional Anita Garibaldi construído com tijolos ecológicos	54
Figura 15 – Trajeto da logística reversa do RCC em Fortaleza.....	55
Figura 16 – Resíduos antes e depois da segregação na AAI	56
Figura 17 – Processo de reaproveitamento de madeira na AAI	57
Figura 18 – Localização dos ecopontos em Fortaleza – CE.....	59
Figura 19 – Fluxo de processos	60
Figura 20 – Implantação de sistema eletrônico de controle de resíduos sólidos	61
Figura 21 – Identificação e localização dos geradores e transportadores em tempo real por meio do georreferenciamento dos contêineres locados na obra	62
Figura 22 – Entraves da gestão de resíduos segundo seus <i>stakeholders</i>	64
Figura 23 – Esquema do depósito irregular de resíduos nas caçambas estacionárias	66
Figura 24 – Aspectos positivos e negativos para a utilização de produtos reciclados	67
Figura 25 – Subclassificação da Prefeitura de Fortaleza para o gerenciamento do RCC	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fatores que influenciam a implantação da logística reversa	25
Quadro 2 – Principais resíduos produzidos na ICC.....	29
Quadro 3 – Composição dos RCC em algumas cidades do Brasil (porcentagem em volume).....	30
Quadro 4 – Considerações recorrentes na literatura acerca dos resíduos da ICC	31
Quadro 5 – Possibilidades de reaproveitamento dos componentes do RCC.....	33
Quadro 6 – Principais normas ambientais federais, estaduais e municipais.	35
Quadro 7 – Responsabilidade dos atores do processo.....	45
Quadro 8 – Matriz de decisão.....	69
Quadro 9 – Parâmetros atribuídos pelo tomador de decisão	70
Quadro 10 – Matriz de preferência.....	70
Quadro 11 – Fluxos globais das alternativas	71
Quadro 12 – Fluxos globais segundo variação de pesos relativos	71
Quadro 13 – Ordenação das alternativas de acordo com a análise de sensibilidade	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAI	Área de Aterro de Inertes
AGEFIS	Agência de Fiscalização de Fortaleza
ATT	Área de Transbordo e Triagem
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição
AMD	Apoio Multicritério à Decisão
CEU	Coleta Especial Urbana
COLIMP	Coordenadoria Especial de Limpeza Urbana e Resíduos Sólidos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICC	Indústria da Construção Civil
MTR	Manifesto de Transporte de Resíduo
PIB	Produto Interno Bruto
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SCSP	Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Públicos
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SEUMA	Secretaria do Urbanismo e Meio Ambiente do Município de Fortaleza

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Justificativa.....	16
1.2	Objetivos	18
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	18
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	18
1.3	Estrutura da dissertação	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	Sustentabilidade na Construção Civil.....	19
2.2	Logística Reversa	22
2.3	Gerenciamento do RCC	28
2.4	Legislação ambiental	34
2.5	Apoio Multicritério à Decisão	36
3	METODOLOGIA	41
3.1	Etapa 1	42
3.2	Etapa 2	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1	Etapa 1	45
4.1.1	<i>Caracterização dos atores da cadeia produtiva de RCC de Fortaleza</i>	45
4.1.2	<i>Etapas da logística reversa do RCC</i>	60
4.1.3	<i>Entraves para o progresso da gestão de resíduos na cidade de Fortaleza</i>	63
4.2	Etapa 2	68
5	CONCLUSÃO	73
	REFERÊNCIAS	76
	APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA APLICADA AOS PARTICIPANTES DO PROCESSO DE LOGÍSTICA DO RCC	87

ANEXO A – MODELO DE MTR EMITIDO PELO SISTEMA ELETRÔNICO	
COLETAS ONLINE	90

1 INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil (ICC) possui grande impacto na economia de países como Estados Unidos, Japão, Alemanha e Reino Unido (TRADING ECONOMICS, 2018), correspondendo a 4,8% do PIB brasileiro (CBIC, 2018). Estudos apontam que até 2030, a ICC crescerá o equivalente a 85%, sendo esse avanço liderado principalmente pela China, Estados Unidos e Índia. Em decorrência disso, esse valor agregado poderia ser utilizado como uma justificativa para o incentivo de maiores investimentos em melhorias no setor (GCP, 2015).

Apesar de sua importância, nota-se considerável negligência por parte da ICC com relação aos desperdícios produzidos no seu processo de manufatura, o que tem afetado áreas como o meio ambiente (OGUNBIYI; GOULDING; OLADAPO, 2014; SOBOTKA; CZAJA, 2015; YEHEYIS et al., 2013), dificultando significativamente o cumprimento de metas para desenvolvimento sustentável da sociedade como um todo (OPOKU; AHMED; CRUICKSHANK, 2015). Atualmente, a construção civil figura entre as principais causadoras de impactos ambientais, não somente em virtude do consumo de recursos naturais em toda a sua cadeia produtiva, como também pela disposição indiscriminada dos Resíduos da Construção Civil (RCC) (BOHNENBERGER et al., 2018).

Em virtude disso, torna-se fundamental não somente a compreensão dos canais de distribuição diretos, que se referem ao fluxo dos produtos na cadeia de distribuição, como também o estudo dos canais de distribuição reversos, também conhecidos como logística reversa, que lidam com ações que vão desde a redução de matérias-primas primárias utilizadas até a destinação correta dos produtos, materiais e embalagens (PEREIRA et al., 2012). A assimilação dessa logística por parte da ICC tem se dado de forma limitada (CHILESHE et al., 2015, 2016; SOBOTKA; CZAJA, 2015), apesar de se encontrar relativamente sedimentada para a indústria manufatureira, por exemplo (LEIGH; PATTERSON, 2006). Ela requer intensa conexão entre projeto, construção, operação, comunicação e coordenação entre as partes envolvidas (AKBARNEZHAD; ONG; CHANDRA, 2014).

Mudanças gradativas da realidade da ICC têm ocorrido nas últimas décadas com o objetivo de tentar reduzir esses aspectos negativos (NASIR et al., 2017). Percebe-se um aumento do interesse por questões sustentáveis, em que as cadeias de suprimento são complexas em estrutura e número de participantes (PERO et al., 2017). Uma crescente pressão não apenas em termos de melhoria da qualidade, produtividade, eficiência e eficácia,

como também do desenvolvimento sustentável tem pautado a nova conduta dessas empresas (SAIEG et al., 2018).

Durdyev et al. (2018) afirmam que, enquanto os países desenvolvidos têm cada vez mais se concentrado na utilização eficiente de recursos e na redução de seu impacto ambiental, a maioria dos países em desenvolvimento ainda está se adaptando ao modelo sustentável de construção. No Brasil, essa realidade se agrava ainda mais em função da burocracia excessiva e dos escândalos envolvendo corrupção, que constituem os principais causadores da limitação da economia e dos investimentos, responsáveis pela estagnação na demanda por construções a longo prazo (ROBINSON, 2015). Nesse contexto, a busca por conhecer o funcionamento da logística reversa dos resíduos da construção se torna fundamental para a criação de novos planos de ação, políticas de incentivos, leis e aplicação de sanções que permitam o avanço da atuação desse setor em prol do meio ambiente.

É importante frisar que esse estudo não tem como foco a análise química dos materiais, suas reações ou inovações tecnológicas na área. Tampouco visa investigar as minúcias do ciclo de vida dos materiais selecionados. Apesar de contar com o levantamento de características ambientais, financeiras e técnicas, sua abordagem é voltada aos aspectos da logística reversa envolvidos, por meio do estudo de diversos *stakeholders* da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), Ceará.

1.1 Justificativa

Os resíduos da ICC têm aumentado consideravelmente com o crescimento acelerado das cidades de médio e grande porte (NUNES; MAHLER; VALLE, 2009) e não só representam a maior parcela de resíduos sólidos existente nas áreas urbanas (BANIAS et al., 2011; CHILESHE et al., 2015; CHILESHE; RAMEEZDEEN; HOSSEINI, 2016) como fazem dessa indústria a maior contribuinte para o crescimento de aterros (MANOWONG, 2012). Além disso, assim como o Canadá (YEHEYIS et al., 2013), a China (LU et al., 2011) e a Malásia (MOKHTAR et al., 2011), o Brasil ainda tem encontrado dificuldades em manter e administrar seus aterros, enquanto é constantemente reabastecido por resíduos (MOKHTAR et al., 2011). Nesse contexto, fatores como o maior número de atores envolvidos, a quantidade de materiais de diferentes composições, o grau de deterioração e o padrão de uso acabam por dificultar a gestão dos materiais e dos resíduos da construção (ABRELPE, 2016).

Pesquisas realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) apontam que, embora 72,44% dos municípios brasileiros apresentem serviços de manejo dos RCC, apenas 392 municípios (9,7%) promovem alguma forma de processamento desse material. No estado do Ceará, dos 167 municípios que possuem algum serviço de manejo de RCC, apenas 31 deles realizam o processamento desses resíduos, dentre eles a capital Fortaleza, que ocupa a quinta posição entre as cidades mais populosas do país (IBGE, 2017) e cuja região metropolitana – Aquiraz, Caucaia, Eusébio, Fortaleza, São Gonçalo do Amarante – gera aproximadamente 2833,1 t/dia de RCC (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2012).

Apesar da maior complexidade dos processos e do produto final da construção civil, se comparada com outras indústrias (JOHN, 2000; SCHULTMANN; SUNKE, 2007), Cabral (2007) afirma que grande parte do resíduo gerado durante a fase de construção e demolição tem alto potencial de reinserção no mercado da construção. Yeheyis et al. (2013) asseguram que mais de 75% dos resíduos na ICC possuem valor residual e, dessa forma, deveriam ser reciclados, recuperados e/ou reutilizados. Portanto, a gestão deficiente dos principais componentes do RCC (resíduos de concreto e cerâmica) se deve muito mais aos obstáculos provenientes da comercialização, do mercado de materiais virgens e de sua logística do que aos impedimentos técnicos do resíduos (GÁLVEZ-MARTOS et al., 2018).

Há anos Bossink e Brouwers (1996) identificaram que as principais causas da geração de tais desperdícios consistem em erros de projeto, aquisição e planejamento inadequados, manuseio inapropriado de materiais, resíduos de matérias-primas e mudanças inesperadas no projeto de construção. De modo semelhante, Mokhtar et al. (2011) enfatizam que fatores como o método construtivo, tamanho do empreendimento, tipo do prédio, método de armazenagem e problemas técnicos também se encontram diretamente relacionados ao aumento do volume de resíduos. Percebe-se que todos os elementos relacionados à geração de resíduos poderiam facilmente ser evitados por meio do maior conhecimento do processo produtivo como um todo.

Diante desse contexto, essa pesquisa se justifica pela necessidade de considerar o aspecto prático e a função socioambiental da gestão do RCC, de modo a apontar boas práticas, deficiências e sugestões de melhorias, com o intuito de promover maior economia de recursos naturais, redução de custos de produção e aquisição, aumento da competitividade, dentre outros benefícios.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral mapear todo o processo de gerenciamento do RCC na cidade de Fortaleza – Ceará.

1.2.2 Objetivos específicos

Para que esse objetivo geral seja alcançado, faz-se necessário o cumprimento dos seguintes objetivos específicos:

- Verificar os principais tipos de resíduos de construção gerados para a cidade de Fortaleza;
- Mapear o processo de geração, coleta, transporte e destinação final do RCC;
- Identificar os principais atores participantes da logística reversa da construção civil;
- Levantar os principais entraves para o andamento desse processo;
- Hierarquizar os componentes do RCC conforme sua maior necessidade de reciclagem.

1.3 Estrutura da dissertação

A estrutura da dissertação é composta de cinco seções. Na seção 1, apresenta-se uma visão geral da ICC e da importância do gerenciamento de RCC, sendo demonstrada a relevância desse estudo para o setor, bem como os objetivos que se almejam alcançar com o trabalho. A seção 2 explora a base conceitual que fundamenta a pesquisa, abordando assuntos como sustentabilidade na construção civil, conceitos das logísticas tradicional e reversa, gerenciamento de RCC, legislação ambiental concernente e apoio multicritério à decisão.

A seção 3 descreve as metodologias utilizadas em cada etapa da pesquisa. Os resultados e as discussões pertinentes às informações obtidas são apresentados na seção 4. Finalmente, a seção 5 encerra a pesquisa, descrevendo as conclusões do estudo, além de fazer algumas recomendações para futuros trabalhos.

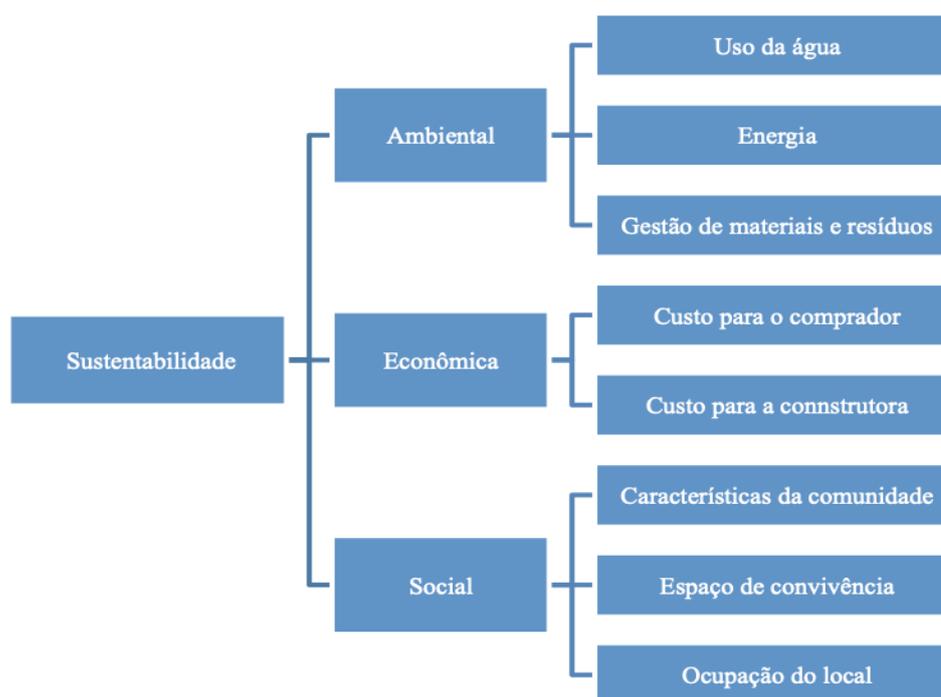
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sustentabilidade na Construção Civil

A grande magnitude da ICC consiste em uma realidade relevante para a implantação de uma estratégia nacional de desenvolvimento sustentável (DURDYEV et al., 2018; RUPARATHNA; HEWAGE, 2015). A inserção de ideias sustentáveis na construção civil – conhecida como construção sustentável – representa uma condição essencial para o alcance da sustentabilidade de uma sociedade (PASCHOALIN FILHO et al., 2017). De modo geral, entende-se por sustentabilidade as ações e atividades humanas que visam seguir certos padrões de produção e consumo para atender às necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida, sem comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das gerações futuras (WCED, 1987). De forma mais específica, a sustentabilidade dentro das empresas está relacionada aos esforços para conduzir seus negócios de uma maneira social e ambientalmente responsável, incluindo elementos como desenvolvimento sustentável, responsabilidade social corporativa, preocupações das partes interessadas e responsabilidade corporativa (CSCMP, 2013).

Para serem consideradas sustentáveis, as construções devem atender ao tripé que define a própria sustentabilidade, em que se incluem os aspectos ambientais, sociais e econômicos (OLIVEIRA et al., 2012; SALGADO; CHATELET; FERNANDEZ, 2012; TAN; SHEN; YAO, 2011; TEO; LOOSEMORE, 2004). Suas práticas podem incluir a elaboração de projetos sustentáveis, o gerenciamento de resíduos, o uso de materiais e recursos financeiros, dentre outros (OPOKU; AHMED; CRUICKSHANK, 2015). Como ilustrado na Figura 1, os sistemas construído, natural e social incluídos no conceito sustentável envolvem diversas vertentes muitas vezes concorrentes – como alocação eficiente de recursos, consumo mínimo de energia, gerenciamento dos materiais e resíduos gerados ou custos do empreendimento, por exemplo – que exigem ser ponderadas de acordo com cada etapa do ciclo de vida de um edifício (RAJAGOPALAN; KELLEY, 2017).

Figura 1 – Sustentabilidade e suas dimensões na ICC



Fonte: Adaptado de Rajagopalan e Kelley (2017, p. 182)

Cabe ressaltar que mais uma perspectiva tem sido incorporada ao conceito de sustentabilidade, a saber, o aspecto cultural (TAN; SHEN; YAO, 2011). O baixo nível de conscientização, a falta de conhecimento de seus *stakeholders* (DURDYEV et al., 2018; PEARCE, 2006), a aversão a riscos, a necessidade de investimentos iniciais consideravelmente elevados, o desconhecimento das vantagens ou até mesmo o comodismo com práticas habituais comprometem significativamente a implantação de medidas sustentáveis (CHILESHE et al., 2015; DURDYEV et al., 2018; SHI et al., 2013). Percebe-se que, mais do que a falta de novas tecnologias, o atraso de muitas empresas pode ser justificado pela resistência à mudança de mentalidade. Portanto, apesar de não ser totalmente recebida como forma de análise para a sustentabilidade (OLIVEIRA et al., 2012), a abordagem cultural possui alto potencial de transformação da ICC por buscar tornar a sustentabilidade um modo de vida baseada na mudança das atitudes das pessoas em relação a questões ambientais (TEO; LOOSEMORE, 2004).

Aos poucos, a maior conscientização acerca da sustentabilidade tem se tornado uma prioridade no projeto e operação das cadeias de suprimentos da construção civil (SUNDARAKANI et al., 2010, FLEISCHMANN et al., 2000). Uma das justificativas para isso se fundamenta no inexorável fenômeno de geração de resíduos. A limitação da vida útil

de um produto faz com que este se transforme, inevitavelmente, em pós-consumo. Além disso, a variabilidade intrínseca dos processos e das matérias-primas pode acarretar na não conformidade dos produtos com o padrão especificado, resultando em mais desperdício (JOHN, 2000).

Com relação aos aspectos intrínsecos à ICC, a convergência de todos os materiais para o local de construção, a singularidade do projeto, o caráter temporário, instável e fragmentado, a distância entre o projeto e a construção do produto final e a grande produção de resíduos constituem grandes desafios para esse setor (VRIJHOEF; KOSKELA, 2000). Ademais, a marcante heterogeneidade e falta de padronização dos resíduos, se comparados às matérias-primas de outras indústrias (FLEISCHMANN et al., 1997), tornam a análise do reaproveitamento de resíduos consideravelmente mais complexa, exigindo metodologias que gerenciem todo o processo (JOHN, 2000). Mokhtar et al. (2011) complementa essa ideia ao afirmar que fatores como método construtivo, tamanho do empreendimento e tipo do prédio se encontram diretamente relacionados ao aumento do volume de resíduos. A falta de incentivo governamental, os altos custos com mão de obra (HOSSEINI et al., 2015) e o longo período de demolição (ASHOKKUMAR; VARGHESE, 2018) também figuram entre os principais obstáculos para a incorporação do desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, considerando que a ICC é capaz de absorver quase totalmente os resíduos por ela gerados, com a possibilidade de incorporar novos materiais de construção originados da reciclagem e do reaproveitamento dos resíduos (BOHNENBERGER et al., 2018), estudos apontam que a utilização de novas tecnologias, a seleção de materiais mais duradouros para prolongamento da vida útil dos edifícios e minimização do consumo de material, a implantação de políticas para o desenvolvimento de práticas de sustentabilidade podem representar soluções para tais obstáculos (DURDYEV et al., 2018; PEARCE, 2006). Um exemplo disso é a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 307, que pressiona as empresas a aderirem a diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão do RCC de modo a proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental (BRASIL, 2002, 2010a). A classe de resíduos estabelecida por essa Resolução responde pelo agrupamento dos resíduos de acordo com sua capacidade de reutilização ou reciclagem da seguinte forma (BRASIL, 2002):

- Classe A: resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como entulhos de construção e demolição;
- Classe B - resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

- Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
- Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção.

Apesar das mudanças radicais ao longo de toda a cadeia de suprimentos (NAHMENS, 2009), os benefícios da implementação de práticas sustentáveis fazem jus ao esforço empreendido, envolvendo melhorias ambientais, econômicas, sociais, de saúde e comunitários (OGUNBIYI; GOULDING; OLADAPO, 2014). O desenvolvimento sustentável têm evidenciado a capacidade de elevar a eficiência dos recursos e reduzir o impacto ambiental por meio da diminuição da geração de resíduos e dos impactos do transporte, do aumento do reaproveitamento dos resíduos, da melhoria da qualidade dos materiais secundários e da otimização do desempenho ambiental dos métodos de tratamento (GÁLVEZ-MARTOS et al., 2018).

2.2 Logística Reversa

Ballou (1993) informa que, a partir da década de 80, a logística das empresas se consolidou como uma área de estudo mais ampla, com ênfase não apenas na distribuição física como também na administração de materiais. Ao longo dos anos, uma das maiores mudanças citadas por Lambert, Cooper e Pagh (1998), que perdura até hoje no paradigma da gestão de empreendimentos modernos, diz respeito à interdependência de áreas como engenharia, compras, operações e logística, que tem cada vez mais substituído sua autonomia pelo funcionamento em cadeia – também conhecida como gestão da cadeia de suprimentos. De maneira geral, a gestão da cadeia de suprimentos pode ser entendida como a integração dos principais processos de um empreendimento (SENTHIL; SRIRANGACHARYULU; RAMESH, 2014), englobando planejamento e gestão de todas as atividades envolvidas em fornecimento, aquisição, conversão, gestão logística, coordenação e colaboração com fornecedores, intermediários, servidores terceirizados e clientes (CSCMP, 2013).

Essa forma de gerenciamento foi introduzida nos anos 90 para descrever a evolução da logística do ponto de vista corporativo, para uma abordagem holística e estratégica de gestão de materiais e logística (LAMBERT; COOPER; PAGH, 1998). Assim, a individualização das unidades organizacionais da ICC foi sendo substituída pela integração da gestão ambiental com as operações em andamento. (SRIVASTAVA, 2007). Adotando uma perspectiva estratégica, a ICC tem utilizado o gerenciamento da cadeia de suprimentos para

abordar características endêmicas da indústria relacionadas à natureza altamente fragmentada desse setor (VIDALAKIS; TOOKEY; SOMMERVILLE, 2013).

As iniciativas mais claras da gestão da cadeia de suprimentos na construção se concentram no campo da logística (VRIJHOEF; KOSKELA, 2000). Estando presente em todos os níveis de planejamento e execução, a logística pode ser definida como o processo de planejamento, implementação e controle de procedimentos para o transporte e armazenamento eficientes e efetivos de bens, incluindo serviços e informações relacionadas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com a finalidade de atender às necessidades do cliente (CSCMP, 2013).

Ao longo das últimas décadas, nota-se que os sistemas econômicos e de produção não podem ser separados dos aspectos ambientais. A maior conscientização acerca da sustentabilidade se tornou uma prioridade no projeto e operação das cadeias de suprimentos (SUNDARAKANI et al., 2010). Práticas de gerenciamento da cadeia de suprimentos verde, como a logística reversa, garantem que os objetivos ambientais estejam alinhados com os objetivos operacionais da cadeia (NASIR et al., 2017).

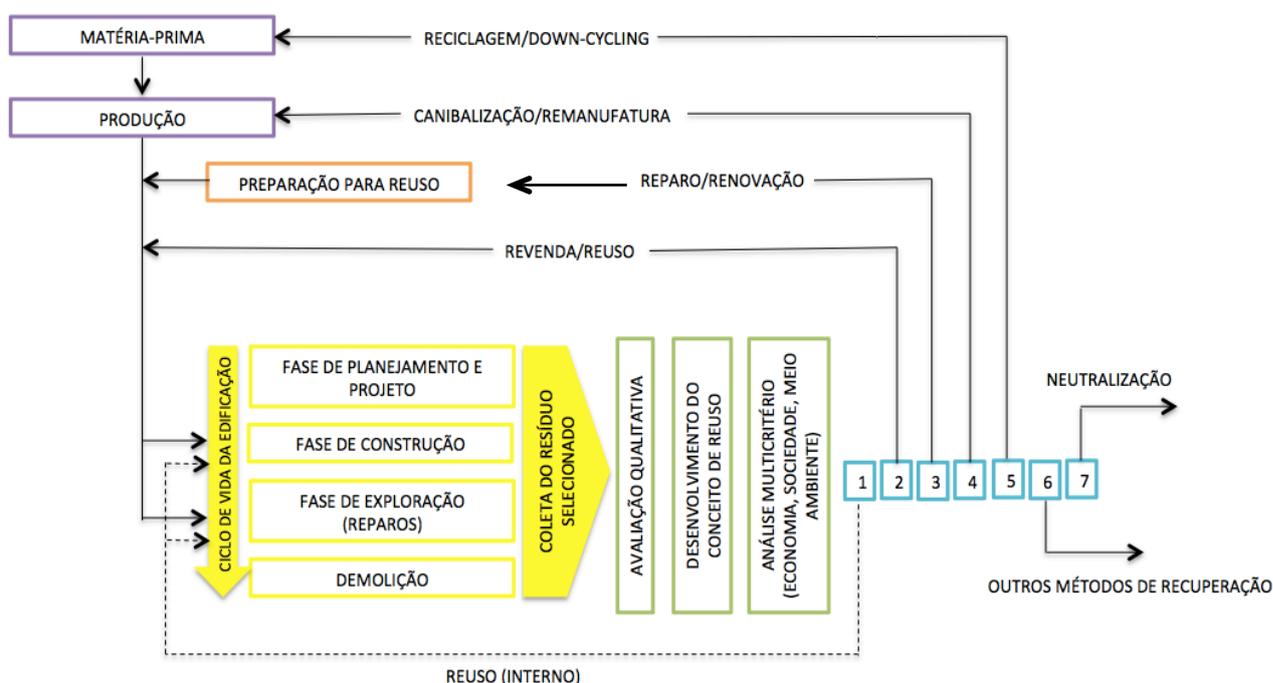
De acordo com a Lei Federal nº 12.305/2010, a logística reversa pode ser definida como um instrumento de desenvolvimento econômico e social marcado por uma série de ações, procedimentos e meios destinados à viabilização da coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010a). Para ser posta em prática, é importante que o processo de gerenciamento de resíduos seja considerado cíclico, contendo o plano de ações desde a fase de concepção até a etapa de desconstrução e reutilização do RCC, em que se consideram aspectos como a longa vida útil da edificação e os materiais empregados passíveis de reinserção no mercado (HOSSEINI et al., 2015).

Conforme Figura 2, a aplicação da logística reversa envolve ações individuais e encadeadas dos participantes nos processos de recolhimento, armazenamento, transporte dos resíduos, com vistas à reutilização, reciclagem ou disposição final ambientalmente adequada, tais como (BRASIL, 2010b):

- a) recomendações técnicas a serem observadas em cada etapa da logística, inclusive pelos consumidores e recicladores;
- b) formas de coleta ou de entrega adotadas, identificando os responsáveis e respectivas responsabilidades;

- c) ações necessárias e critérios para a implantação, operação e atribuição de responsabilidades pelos pontos de coleta;
- d) operações de transporte entre os empreendimentos ou atividades participantes, identificando as responsabilidades;
- e) procedimentos e responsáveis pelas ações de reutilização, de reciclagem e de tratamento, inclusive triagem, dos resíduos, bem como pela disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Figura 2 – Cadeia de suprimentos direta e indireta na Construção Civil



Fonte: Adaptado de Sobotka e Czaja (2015, p.13).

Segundo Leite (2003) e Nunes, Mahler e Valle (2009), o planejamento da rede de logística reversa do RCC pode ser motivada, principalmente, por aspectos ambientais, legais e econômicos. Em termos ecológicos, percebe-se que o tratamento dos resíduos está condicionado a questões como durabilidade no ambiente, impactos ambientais na extração, transporte e processamento de recursos naturais e possibilidades de reciclagem, entre outros (JOHN, 2001). Os aspectos legais, por outro lado, buscam o cumprimento de normas específicas por parte do governo e das empresas, a exemplo da Resolução do CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002; NUNES; MAHLER; VALLE, 2009).

Finalmente, o panorama econômico envolvido no planejamento da cadeia de distribuição reversa se refere, principalmente, à redução dos custos de coleta e transporte e à

redução dos custos de construção, por meio da diminuição dos gastos na aquisição de matérias-primas e no transporte e disposição de RCC (para empresas de construção) (CHIOU et al., 2012). Senthil, Srirangacharyulu e Ramesh (2014) e Gomes et al. (2008) enfatizam que o caráter econômico constitui o ponto central do tratamento dos resíduos, tendo em vista que o mercado somente será atraído por opções financeiramente acessíveis. Com efeito, um programa de logística reversa acaba oferecendo economias significativas de custos em compras, transporte, disposição e movimentação de estoque que, como revela Skinner (1994), aumentam a competitividade e melhoram a imagem da empresa, interferindo diretamente na absorção do novo produto por parte do mercado.

A logística reversa envolve outros fatores indispensáveis à sua implantação bem sucedida, em que são consideradas diversas perspectivas (CHIOU et al., 2012). O Quadro 1 lista os aspectos ambientais/ecológicos, econômicos, sociais, políticos, de saúde e técnicos como sendo os fatores mais influentes na decisão para utilização da logística reversa nas empresas. Tal qual Hosseini et al. (2015), que abordam a importância ambiental de se reaproveitar os resíduos, juntamente com o ganho econômico relacionado a isso, a maior qualidade de vida e geração de empregos para a sociedade, além da ênfase na importância do papel da criação ou melhoria de políticas públicas relacionadas à logística reversa, os demais autores do Quadro 1 também apontam para a influência de cada um dos tópicos mencionados para o adequado funcionamento dessa prática sustentável.

Quadro 1 – Fatores que influenciam a implantação da logística reversa

Autores	Ambiental	Econômico	Social	Político	Saúde	Técnico
Chinda (2017)	X	X	X	X		X
Chileshe, Rameezdeen e Hosseini (2016)	X	X	X	X	X	
Sobotka, Sagan (2016)	X	X		X		X
Lockrey et al. (2016)	X	X	X	X		X
Hosseini et al. (2015)	X	X	X	X	X	
Sobotka, Czaja (2015)			X			X
Guarnieri et al. (2015)	X	X	X	X		
Windapo, Ogunsanmi (2014)	X	X	X		X	

Fonte: Elaborada pela autora.

Dolan, Lampo e Dearborn (1999) esclarecem que não somente fatores endógenos, mas também os agentes externos como o crescimento e desenvolvimento econômico local – que impulsiona o nível de construção, renovação e demolição; a ocorrência de eventos não planejados; as opções de transporte e descarte; a instituição de regulamentos; a reutilização e

reciclagem de resíduos; a disponibilidade de instalações de reciclagem e a absorção desses produtos por parte do usuário final – interferem na produção de RCC.

Inúmeros termos relacionados à logística reversa – como cadeia de suprimentos circular ou cadeia de suprimentos em circuito fechado (do inglês *Closed Loop Supply Chain*), apresentados por Chileshe et al. (2016), Nasir et al. (2017), Baptista Junior e Romanel (2013) e cadeia de suprimentos verde, abordadas por Mathiyazhagan e Haq (2013), Pietzsch et al. (2017) e Boutkhoul et al. (2016) – alertam para a importância do estudo do ciclo de vida do empreendimento, esforçando-se para obter o maior valor final para o produto reaproveitado. Para alcançar esse nível de maturidade, faz-se necessário o conhecimento das limitações existentes com relação ao gerenciamento de resíduos da construção, que permita a recuperação de matérias-primas e produtos de construção por meio de reparos, alterações, reconstrução e demolição em todas essas etapas (SOBOTKA; CZAJA, 2015). Dentre as opções de aproveitamento apresentadas na Figura 2, a reciclagem constitui uma das principais opções de recuperação aplicadas à cadeia de distribuição reversa (POCHAMPALLY; GUPTA, 2008). Trata-se de uma oportunidade de transformação de um gerador de despesa em uma fonte de faturamento ou, ao menos, de redução das despesas de descarte (JOHN, 2001; LOCKREY et al., 2016).

Não obstante o avanço de pesquisas nessa área, inúmeros obstáculos contribuem para o progresso pouco expressivo da logística reversa para clientes e projetistas (HOSSEINI et al., 2015). O conhecimento superficial do tema consiste em uma das grandes causas da subvalorização dessa prática nas indústrias (KRUMWIEDE; SHEU, 2002), resultando em uma organização deficiente e pouco conectada à logística tradicional (LOVE; IRANI; EDWARDS, 2004; NUNES; MAHLER; VALLE, 2009; SOBOTKA; CZAJA, 2015). Em revisão sistemática sobre o assunto, Leal, Angelim e Barros Neto (2018) elencam outras barreiras para a utilização da logística reversa na ICC mencionadas na literatura, tais como: pouco comprometimento entre os *stakeholders*, baixa mão de obra qualificada, falta de incentivos para empregados e gestores, questões culturais, baixo gasto com aterros comparados com os custos com o reaproveitamento, pouca disponibilidade de empresas especializadas e penalidades leves para empresas com gestão de resíduos deficiente.

Além desses impedimentos, a priorização dos custos de produção e lucro (HOSSEINI et al., 2015), o ciclo de vida relativamente longo das matérias-primas e dos produtos de construção, o maior tamanho e assimetria dos fluxos de retorno (SOBOTKA; CZAJA, 2015) e a pouca importância dada às questões ambientais têm tornado difícil a

percepção dos inúmeros benefícios que a logística reversa é capaz de oferecer. Essa prática sobreviverá tão somente quando o custo de sua instituição se tornar competitivo e a regulamentação, apta a eliminar alguns dos riscos percebidos pelos designers e construtores (HOSSEINI et al., 2015).

Como resultado dessa deficiência, um estudo relacionado aos principais conhecimentos adquiridos pela ICC acerca do tema, desenvolvido por Hosseini et al. (2015), sugere inúmeras iniciativas favoráveis à inserção dessa prática no setor da construção, por intermédio de diversos *stakeholders*, dentre os quais se destacam:

- Designers: devem ser responsáveis por implantar em seus projetos meios que permitam a chamada desconstrução, ou seja, a facilitação da desmontagem e reutilização dos materiais no final de sua vida; assumir a liderança na promoção do uso de materiais recuperados em novos projetos e instruir os clientes sobre os benefícios da logística reversa e do uso de materiais recuperados em seus edifícios.
- Construtores: considerados os responsáveis por utilizar materiais recuperados em projetos, o que conseqüentemente aumentará a demanda por itens recuperados e promoverá logística reversa em toda a indústria da construção, implementando métodos de construção que facilitam a adoção fácil de logística reversa.
- Empresas de demolição e recuperação: devem substituir a demolição mecânica pela desconstrução e desmontagem de edifícios antigos; implementar mecanização e otimização operacional de processos de desconstrução para reduzir riscos, custo e tempo além de treinar os trabalhadores para os novos métodos;
- Decisores políticos: fica a cargo deles alterar o custo dos aterros de modo a tornar a logística reversa uma alternativa viável; promover incentivos financeiros e regulatórios para o uso de materiais recuperados em novas construções; introduzir padrões para facilitar a incorporação de materiais recuperados em novas construções e promover a desconstrução através da introdução de diretrizes que informem e reduzam os riscos nessas operações.

Mediante a exposição desta seção e cientes da influência da ICC para o país, pretende-se enfatizar a importância do reaproveitamento dos resíduos da construção, colocando em pauta a tendência ecocêntrica indispensável para os tempos atuais. Intenta-se, desse modo, incentivar o progresso do viés sustentável na ICC por meio do mapeamento dos fluxos de construção e demolição.

2.3 Gerenciamento do RCC

No Brasil, a atividade de reciclagem de resíduos da construção teve início na década de 80, quando foram iniciadas as primeiras pesquisas acerca do potencial de utilização de produtos reciclados em argamassas, pavimentos e concretos. O crescimento pouco expressivo da atividade ao longo da década seguinte foi interrompido pelo considerável aumento de investimentos em usinas de reciclagem tanto públicas como privadas, justificado pela publicação da Resolução nº 307 do CONAMA, que transferiu a responsabilidade com os resíduos do poder público para os geradores (MIRANDA; ANGULO; CARELI, 2009). Essa Resolução ganhou ainda mais respaldo por meio da aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (ABRECON, 2015), que institui princípios, instrumentos e diretrizes relativos à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (MIRANDA et al., 2016).

Segundo a PNRS, são considerados RCC aqueles resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos (BRASIL, 2010a) podendo, na maioria das vezes, ser reaproveitados por usinas ou cooperativas de reciclagem. Os rejeitos são, por outro lado, aqueles resíduos sem possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, aos quais cabe apenas a disposição final (BRASIL, 2002).

Tendo em vista esses conceitos, pode-se definir gerenciamento de resíduos como o sistema de gestão que visa a redução, reutilização ou reciclagem dos resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para viabilizar ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos (ANGULO, 2000). Sua implantação inclui um conjunto de ações executadas nas dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, de forma direta ou indireta, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2002).

O gerenciamento de RCC só é possível por meio do detalhamento de informações como a composição e a quantificação dos resíduos gerados (BRASIL, 2010a). Quanto à composição, o Quadro 2 aponta concretos, argamassas, solo, gesso, metais, tijolos, madeira como os principais componentes dos entulhos da construção civil no mundo. Em termos quantitativos, Ulsen et al. (2010) destacam que cerca de 90% da massa total de RCC gerada

no Brasil e na Europa é composta por concretos, argamassas, solo e gesso. Em estudo realizado por Ashokkumar e Varghese (2018), foram buscados dados de diversos setores da construção (construção residencial nova, construção não residencial nova, demolição residencial, demolição não residencial, reforma residencial e reforma não residencial) para a criação de indicadores da composição média de resíduos gerados em campo, que facilitasse a tomada de decisões paliativas e preventivas de gestão.

Quadro 2 – Principais resíduos produzidos na ICC

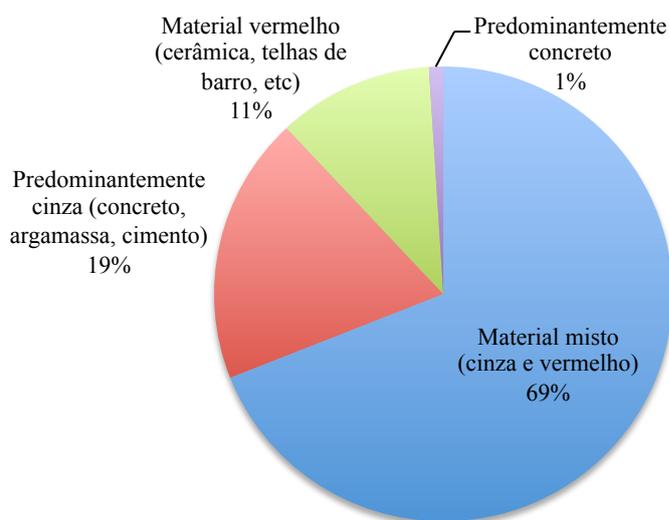
Autores/Materiais	Concreto	Materiais metálicos	Tijolos	Madeira	Agregados	Materiais cerâmicos	Plástico	Papel	Gesso	Argamassa	Vidro	Cimento
Contreras et al. (2016)	X				X	X				X		
Lockrey et al. (2016)	X	X	X		X		X	X				X
Swanepoel, Heather-Clark (2013)		X		X	X			X				
Mália et al. (2013)	X	X	X	X		X						
Yeheyis et al. (2013)	X	X	X	X		X	X	X	X		X	
Arif et al. (2012)	X	X	X				X		X	X		
Banias et al. (2011)	X	X	X	X	X	X	X	X			X	
Mokhtar et al. (2011)		X	X	X		X	X	X				X
Zhao, Leefink, Rotter (2010)		X	X	X	X		X	X				
Cochran, Townsend (2010)	X	X	X	X					X			
Blengini (2009)	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
Nunes, Mahler, Valle (2009)	X	X	X		X	X			X			X
Gorgolewski (2008)	X	X		X								
Lau, Whyte, Law (2008)	X	X	X	X		X	X	X	X			X

Fonte: Elaborada pela autora.

Adentrando no contexto brasileiro, por meio do estudo de outros pesquisadores, pode-se observar que concreto, argamassa, cerâmica, rochas e solos constituem os principais constituintes do RCC (Quadro 3). A Figura 3 reitera esses dados ao ilustrar que os resíduos que chegam às usinas brasileiras são predominantemente mistos, compostos das frações cinza e vermelha misturadas (concreto, cerâmica, argamassas, entre outros) (MIRANDA et al., 2016). Segundo Cabral (2007), tais informações são compatíveis com a cultura construtiva brasileira, que concentra suas maiores perdas nas fases de concretagem, alvenaria, emboço/reboco e revestimento. A obtenção de informações acerca de um possível padrão com

relação aos componentes e ao percentual de cada tipo de resíduo em diferentes cidades brasileiras, conforme exemplificado no Quadro 3, permitiria ações mais específicas no combate e tratamento dos resíduos.

Figura 3 – Composição do RCC nas usinas



Fonte: Adaptado de Miranda et al. (2016, p. 4260)

Quadro 3 – Composição dos RCC em algumas cidades do Brasil (porcentagem em volume)

Cidades	Concreto	Argamassa	Cerâmica	Rochas/Solos
Fortaleza (CE) ^[1] *	14	38	13	17
Salvador (BA) ^[2]	53		9	27
Campina Grande (PB) ^[2]	10	28	34	9
Campinas (SP) ^[4]	10	32	4	7
Maceió (AL) ^[2]	18,65	27,82	48,15	-
São Carlos (SP) ^[2]	4,38	63,67	29,09	0,13
São Paulo (SP) ^[2]	8,3	25,2	29,6	32
Ribeirão Preto (SP) ^[2]	21,1	37,4	20,8	17,7
Itatinga (SP) ^[3]	8	25	30	37
Itatiba (SP) ^[3]	13	40	47	-
São Leopoldo (RS) ^[3]	26	22	43,4	3
Novo Hamburgo (RS) ^[3]	26,8	34,2	22,9	2,1
Porto Alegre (RS) ^[2]	18,3	44,2	35,6	1,8
Londrina (PR) ^[3]	-	16	52	32

[1]Cabral (2007) [2]Oliveira et al. (2011) [3] Kazmierczak et al. (2006) [4] Silveira (1993) *Em massa

Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto à classificação, Nagalli (2014) afirma que existem diversas formas de se classificar o RCC. A literatura apresenta possibilidades que abrangem diferentes aspectos a serem analisados nos resíduos, como pode ser visto no Quadro 4. O interesse ou direcionamento que se deseja dar aos resíduos determinará que critérios serão considerados quando da sua classificação.

Quadro 4 – Considerações recorrentes na literatura acerca dos resíduos da ICC

Classificações/Critérios	Aplicações da literatura	Autores
Envolvimento ambiental	Conscientização da população, minimização do impacto ambiental, recuperação material, energética, créditos de carbono, entre outros.	[1] [4] [6] [7] [9] [13] [14] [15] [16]
Periculosidade	Envolve materiais inertes e não inertes, biodegradabilidade, solubilidade em água, toxicidade, entre outros.	[1] [3] [4] [5] [8] [16]
Natureza do material	Materiais litóides, metálicos, minerais e não minerais, entre outros.	[1] [2] [4] [6] [10]
Saúde pública	Garantia de níveis adequados de saúde pública; risco à saúde dos usuários do novo produto e dos trabalhadores da indústria recicladora, entre outros.	[1] [3] [6] [7] [9]
Aceitação do público/ possíveis mercados	Demanda para produtos reciclados.	[7] [9] [16] [17]
Tipo de estrutura	Residencial, comercial, escritório, industrial, rodovia, ponte; edificações altas, baixas, entre outros.	[3] [11] [12]
Custos	Garantia do emprego racional de recursos públicos, investimentos.	[6] [9] [16]
Reciclabilidade	Potencial de reaproveitamento do resíduo.	[4] [9] [16]
Serviços de adição de valor ao cliente	Benefícios ambientais, preços diferenciados para produtos verdes, entre outros.	[6] [14] [15]
Poder de polícia do município	Restrição dos direitos individuais em benefício da coletividade.	[6] [9]
Caráter logístico	Distância de transporte, modo de transporte, capacidade, infraestrutura, entre outros.	[6] [16]
Tecnologia utilizada	Equipamentos, técnicas, conceitos inovadores.	[8] [16]
Trabalho, emprego e renda	Geração de postos de trabalho, mão de obra especializada.	[6] [16]
Participação social	Aumento da participação social na gestão e gerenciamento de RSU.	[6]
Incentivos fiscais ou legais	Redução de impostos e taxas.	[16]

[1] ABNT (2004) [2] Blengini (2009) [3] Brasil (2010a) [4] D’Aloia (2011) [5] EPA (2002) [6] Guarnieri et al. (2015) [7] Kiker et al. (2005) [8] Shen et al. (2004) [9] Sobotka e Sagan (2016) [10] Swanepoel e Heather-Clark (2013) [11] Tezel e Nielsen (2013) [12] Zhao, Leeftink e Rotter (2010) [13] John (2001) [14] Leite (2003) [15] Nunes, Mahler, Valle (2009) [16] John (2000) [17] Zordan (2003)

Fonte: Elaborada pela autora.

Guarnieri et al. (2015), por exemplo, apresentam diversos critérios para avaliar ou agrupar determinados resíduos, como a existência de infraestrutura para tratamento, taxa de

consumo e redução de impacto decorrente do tratamento do resíduo, entre outros. Quando o interesse econômico envolvido superar as questões sociais, por exemplo, deverão ser mais enfatizados critérios como custos, possíveis mercados e incentivos fiscais que saúde pública e geração de empregos.

Para a Resolução nº 307 do CONAMA, adotou-se uma política de classificação do RCC baseada no destino do material (BRASIL, 2002). Para Nagalli (2014), se, por um lado, essa classificação simplifica sua aplicação pelo construtor, por outro, limita a importância da avaliação individualizada de cada componente do resíduo. Segundo o autor, a forma com que essa classificação foi idealizada pode induzir à negligência na manipulação e destinação dos resíduos, adotando alternativas tecnicamente incorretas para a sua destinação. Portanto, apesar dos instrumentos legais que facilitam a gestão dos resíduos, é fundamental a atuação de profissionais capacitados que tenham conhecimento aprofundado do assunto.

Quanto aos agentes envolvidos no processo, torna-se fundamental a compreensão do papel de cada ator no gerenciamento do RCC. De acordo a PNRS, o principais participantes do gerenciamento de resíduos a serem abordados no estudo são (BRASIL, 2010a):

- Geradores de resíduos sólidos: são pessoas físicas ou jurídicas que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo. São responsáveis pela separação dos resíduos no momento e local de sua geração, de acordo com as suas características físicas, químicas, biológicas, o seu estado físico e os riscos envolvidos (segregação prévia); acomodação e embalagem dos resíduos em recipientes apropriados e estanques (acondicionamento); traslado dos resíduos para o local de armazenamento para posterior coleta (transporte interno); contenção temporária de resíduos até a coleta (armazenamento).
- Transportadores de resíduos sólidos: são pessoas jurídicas encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação licenciadas pelo poder público. Promovem a coleta do material – que visa remover os resíduos dos locais de armazenamento e acomodá-los para o transporte nos veículos coletores – e o transporte externo para tratamento, destinação ou disposição final de resíduos. Segundo Nagalli (2014), o serviço de transporte externo é usualmente promovido por empresas terceirizadas especializadas, por meio de contratos específicos, em que são previstos os tipos de resíduos transportados, a frequência e a respectiva remuneração, devendo-se

observar também as orientações dos órgãos ambientais, gerando os respectivos Manifestos de Transporte de Resíduo (MTR).

- Destinação final: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, entre elas a disposição final que, de acordo com (BRASIL, 2010a), se refere à distribuição ordenada de rejeitos em aterros, evitando danos ou riscos à saúde pública e à segurança e minimizando impactos ambientais adversos.

No que se refere à capacidade de reaproveitamento dos resíduos, existem diversas possibilidades de uso dos componentes do RCC, como descrito no Quadro 5. Os agregados reciclados, por exemplo, podem ser utilizados em obras de infraestrutura ou de aterros sanitários, sendo vendidos, principalmente para órgãos públicos, pessoas físicas, construtoras e pavimentadoras (ABRECON, 2015). Com relação às usinas responsáveis pela reciclagem, a decisão pelo tipo de tratamento destinado aos resíduos depende da facilidade de comercialização do produto gerado, bem como dos custos de operação envolvidos (energia, manutenção, custo com os materiais rejeitados, transporte, despesas de marketing) (FORTALEZA, 2015a).

Quadro 5 – Possibilidades de reaproveitamento dos componentes do RCC

Material/Produto original	Uso dos resíduos
Concreto	- Agregados miúdos e graúdos; - Base e sub-base de rodovias; - Material de enchimento em geral.
Concreto misturado ou separado, tijolos, telhas, azulejos e outros materiais cerâmicos não contaminados	- Agregados finos de argamassa; - Material de enchimento em geral (incluindo concreto não estrutural); - Produção de cimento.
Madeira	- Partículas de madeira (cavacos) e painéis de fibra; - Forragem para animais, palhagem e incineração.
Vidro	- Agregados de vidro para produzir vidro plano, garrafas e azulejos; - Sub-base de rodovias; - Filer.
Plástico	- Produção de canos, cabos, esquadrias de janela, persianas; - Cobertura para piso e paredes; - Movéis e componentes para madeira plástico; - Solos compostos leves; - Outros produtos não estruturais (sola de sapato, embalagens, brinquedos, etc); - Incineração.

Material/Produto original	Uso dos resíduos
Papel e papelão	- Novos produtos de papel e papelão; - Produtos de isolamento à base de celulose; - Painéis, outdoors e móveis; - Incineração.
Mistura bituminosa sem alcatrão	- Camadas de revestimento de rodovias.
Alumínio	- Novos produtos de alumínio.
Ferro e aço	- Novos produtos de ferro e aço.
Materiais de isolamento não contaminados	- Novos produtos de material de isolamento; - Agregados para concreto leve e argamassa.
Materiais de gesso não contaminados	- Produção de novos materiais à base de gesso; - Material secundário para a produção de cimento; - Melhoria do solo.

Fonte: Adaptado de Coelho e De Brito (2013, p. 344).

Segundo Coelho e De Brito (2013), a instalação de centros de reciclagem de RCC depende de circunstâncias particulares como custos de disposição em aterro, custos de transporte para aterros sanitários, preço de aquisição dos produtos naturais, condições de continuidade de operação e volumes de resíduo envolvidos. Segundo estudos da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduo da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2015), as principais causas da dificuldade na venda de produtos reciclados, como é o caso dos agregados reciclados, consiste na inexistência de legislação que incentive o consumo, elevada carga tributária, falta de conhecimento por parte do mercado, baixa qualidade do resíduo e dificuldade de acesso comercial da empresa. Em virtude disso, a maioria do RCC ainda é enviada para aterros, reutilizada ou incinerada de maneira precária (NAGALLI, 2014), em que cerca de 42% de todo o resíduo gerado pelo setor é despejado em aterros; 53% são reutilizados ou incinerados e apenas 5% são reciclados (ABRELPE, 2014).

2.4 Legislação ambiental

A preocupação ambiental tem estimulado o estabelecimento de diretrizes para a gestão adequada dos resíduos da construção. Conforme sintetizado no Quadro 6, que explana as principais normas que direcionam órgãos públicos e empresas privadas para o bom funcionamento do gerenciamento do RCC, o Decreto nº 7.404/10 (BRASIL, 2010b) e a Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010a) tratam, a nível federal, da implantação do sistema de logística reversa dos resíduos sólidos, dentre os quais se inclui o RCC. Além disso, a Resolução do CONAMA nº 307/2002 (BRASIL, 2002) trata especificamente sobre o Plano Integrado de

Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), que preza pela ação prioritária de não geração de resíduos, seguida secundariamente da redução, reutilização, reciclagem e destinação final do RCC, além de conter a classificação dos resíduos e diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC.

Quadro 6 – Principais normas ambientais federais, estaduais e municipais.

Legislação Federal	
Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010	Regulamenta a Lei nº 12.305/2010, cria o Comitê Interministerial da PNRS e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Dentre outros aspectos, aborda a necessidade de o gerenciamento de resíduos sólidos observar a tentativa de não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010b).
Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010	Institui a PNRS, apresentando seus princípios, objetivos e instrumentos, além de diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Aborda o processo de logística reversa e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, por meio de atribuições individualizadas e encadeadas dos <i>stakeholders</i> para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010a).
Resolução CONAMA nº 307 de 5 de julho de 2002	Estabelece a criação do PGRCC, que deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental por meio da incorporação de ações como, por exemplo, a proibição da disposição dos resíduos em locais não licenciados e a ação prioritária de não geração de resíduos, seguida secundariamente da redução, reutilização, reciclagem e destinação final, entre outras. Contém classificação dos resíduos de acordo com sua natureza e capacidade de serem reciclados. Instaura diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC. Por exemplo, atribui aos geradores a responsabilidade pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos (BRASIL, 2002).
Legislação Estadual	
Decreto nº 26.604 de 16 de maio de 2002	Regulamenta a Lei nº 13.103. Atribui a responsabilidade de destinação e gerenciamento do RCC ao proprietário do imóvel; ao construtor; àqueles que prestem serviços de coleta e/ou disposição de RCC. Segundo o Decreto, geradores de RCC deverão elaborar e implementar, por ocasião do licenciamento ambiental ou renovação, PGRCC com, no mínimo, segregação dos resíduos na fonte geradora; coleta seletiva; transporte; destinação final. Isenta da apresentação desse plano os geradores de resíduos que executarem obras pequenas e/ou reparos gerais (CEARÁ, 2002).
Lei nº 13.103 de 24 de janeiro de 2001	Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define diretrizes e normas de prevenção e controle da poluição, para a proteção e recuperação da qualidade do meio ambiente e a proteção da saúde pública. Com relação ao RCC, atribui aos geradores a responsabilidade de elaboração e a implementação de plano de gerenciamento de resíduos da construção civil, que deve conter detalhes sobre transporte, tratamento e destinação final dos resíduos às Centrais de Tratamento de Resíduos devidamente autorizadas e licenciadas pelos órgãos ambientais competentes. Também exige que o

	gerenciamento do RCC, desde a geração até a disposição final, seja feito de forma a atender os requisitos de proteção, preservação e economia dos recursos naturais, segurança do trabalhador e da saúde pública (CEARÁ, 2001).
Legislação Municipal	
Decreto nº 10.696 de 2 de fevereiro de 2000	Regulamenta a obrigatoriedade de apresentação de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), que consiste em documento integrante dos processos de credenciamento, por meio do qual se indicam e descrevem as ações relativas ao manejo dos resíduos sólidos no âmbito de cada credenciado, abrangendo aos aspectos referentes à geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e destinação final, para proteção à saúde pública e ao meio ambiente (FORTALEZA, 2000).
Lei nº 10.304 de 28 de abril de 2015	Estabelece conceitos, infrações e penalidades relativas à gestão de RCC (FORTALEZA, 2015a). Por exemplo, determina grandes geradores, em que se incluem as construtoras, aqueles que produzem volume de resíduo igual ou superior a 50 litros por dia. Estes se tornam responsáveis pelo custeio da segregação prévia, acondicionamento, transporte interno, armazenamento, coleta, transporte externo, tratamento e destinação final do RCC. Também atribui a empresas ou geradores cadastrados e credenciados pelo Município de Fortaleza ou agente por ele delegado a coleta, o armazenamento, o transporte, o tratamento e a destinação final dos resíduos.
Lei nº 8.408 de 24 de dezembro de 1999	Estabelece normas de responsabilidade sobre a manipulação de resíduos produzidos em grande quantidade, dentre os quais se inclui o RCC. Associa coleta, armazenamento, tratamento e destinação final de resíduos a empresas devidamente cadastradas e credenciadas. Instrui acerca da classificação dos resíduos, MTR, fiscalização e penalidades (FORTALEZA, 1999).

Fonte: Elaborado pela autora.

O Decreto nº 26.604/2002 (CEARÁ, 2002) e a Lei nº 13.103/2001 (CEARÁ, 2001), no âmbito estadual, regulamentam a Política Estadual de Resíduos Sólidos. A nível municipal, o Decreto nº 10.696/2000 (FORTALEZA, 2000) e as Lei nº 10.304/2015 (FORTALEZA, 2015a) e nº 8.408/1999 (FORTALEZA, 1999) são os regulamentos que mais se destacam com relação ao assunto. A Lei nº 10.304/2015 (FORTALEZA, 2015a), por exemplo, estabelece a necessidade de elaboração de um PGRS, que consiste em documento que estabelece ações relativas ao manejo dos resíduos sólidos gerados, tais como geração, segregação prévia, acondicionamento, transporte interno, armazenamento, coleta, transporte externo, tratamento, destinação final ambientalmente adequada de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos (NAGALLI, 2014).

2.5 Apoio Multicritério à Decisão

Durante anos, um problema era considerado corretamente delineado apenas após a definição de um só critério capaz de representar a eficácia do sistema em estudo (ROY,

1996). Apesar de passadas décadas, inúmeras situações cotidianas ainda refletem esse pensamento reducionista. Um exemplo disso consiste na prática de muitos gerentes, cujas decisões se baseiam apenas em fatores econômicos em detrimento de diversos outros aspectos, como a questão ambiental (TSOULFAS; PAPPIS, 2008). John (2000) respalda essa informação ao afirmar que, na área de engenharias, praticamente todas as metodologias atuais abordam apenas um ou a combinação de alguns tópicos considerados imprescindíveis em detrimento do todo.

O AMD surge nesse cenário como um forma de fornecer aos decisores algumas ferramentas capazes de facilitar a resolução de problemas de decisão, em que vários pontos de vista, muitas vezes contraditórios, devem ser considerados (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004; GOMES; GOMES, 2014). Apesar de a objetividade ser uma preocupação importante, é crucial lembrar que a tomada de decisão é, antes de tudo, uma atividade humana (COSTA, 1993). Sua aplicação busca, tão somente, apoiar o processo de decisão ao recomendar ações ou cursos de ação a quem tomará a decisão (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004).

Diante do contexto multidisciplinar em que a pesquisa está inserida, optou-se pela utilização de uma metodologia multicritério em virtude dessas inúmeras variáveis discrepantes. John (2000), Kiker et al. (2005) e Gomes et al. (2008) enfatizam que a gestão de resíduos, como outros problemas ambientais, envolve vertentes tanto de natureza quantitativa como qualitativa que, muitas vezes, divergem entre si, tornando-se um tópico adequado para a resolução de problemas por meio da aplicação de técnicas de AMD. Com efeito, por um lado, a construção civil envolve um número considerável de resíduos que necessitam de uma categorização de acordo com sua relevância em relação a critérios determinados pelos decisores (JOHN, 2000), por outro lado, os critérios da sustentabilidade não são facilmente condensados em um valor monetário, já que preocupações ambientais também costumam envolver princípios éticos e morais. Mesmo que isso fosse possível, essa abordagem nem sempre seria desejável, uma vez que a capacidade de rastrear as preferências conflitantes dos *stakeholders* poderia ser perdida no processo (AGOPYAN et al., 1998). Pesquisas realizadas por Kiker et al. (2005), Huang et al. (2011), Vahabzadeh e Yusuff (2015) apontam para o crescimento, na última década, do AMD na área ambiental, que pode ser atribuído ao aumento da complexidade das decisões, à disponibilidade de informações e ao incentivo regulamentário e dos *stakeholders* em promover a transparência no processo de tomada de decisão.

A seleção do método se torna uma tarefa complexa em virtude da existência de *tradeoffs* relacionados à forma de aplicação. Enquanto alguns métodos são melhor fundamentados na teoria matemática, outros apresentam mais fácil implementação, tornando-se inevitável a busca pela técnica mais conveniente para a situação em questão (KIKER et al., 2005). Dessa forma, optou-se por utilizar o método PROMETHEE II (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*) por se tratar de uma ferramenta de hierarquização, marcada pela simplicidade, clareza e, principalmente, estabilidade. Para Brans et al. (1986), o PROMETHEE II consiste em uma opção consistente, sendo até mesmo considerada mais estável que outros métodos de hierarquização bastante utilizados.

O PROMETHEE II permite a hierarquização das alternativas em termos de maior ou menor adequação ao problema, em que uma opção é preferível ou indiferente à outra, não havendo a possibilidade de incomparabilidade. Por levar em consideração a indiferença e o limiar de preferência, este método evita a situação em que uma pequena diferença em algum critério induza a uma grande diferença de avaliações em alternativas (ZHAOXU; MIN, 2010). A análise dos pares de alternativas confere a estabilidade característica do método, já que até pequenos desvios de avaliação entre duas alternativas em cada critério são considerados (BRANS; MARESCHAL, 2005).

O tipo de problemática utilizada reflete a natureza do problema que se deseja solucionar. Nesse estudo de caso, será considerada uma problemática $P\gamma$, que tem como objetivo esclarecer a decisão de um arranjo pelo reagrupamento de todas as alternativas, também conhecido como procedimento de ordenação (GOMES; GOMES, 2014) ou hierarquização, uma vez que busca agrupar em níveis de criticidade aqueles resíduos que possuem maior potencial de causar desvantagens econômicas, sociais e ambientais.

As várias partes interessadas em um processo decisório possuem objetivos diferentes e sistemas de valores conflitantes, raramente suficientes para beneficiar a todos (ROY, 1996). Nesse contexto, surge a necessidade de um responsável último pela decisão a ser tomada, conhecido como decisor. Esse ator é responsável por executar a decisão, podendo ser uma pessoa, um grupo, um comitê ou uma companhia, por exemplo (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004). As empresas construtoras, representadas por gestores, engenheiros civis e de qualidade, ocupam esse papel por possuírem em suas mãos o poder decisório capaz de colocar em prática as melhores escolhas tomadas a partir desse estudo.

Alternativas constituem o conjunto de opções possíveis em que o decisor irá fazer a sua escolha (CAMPOS, 2011). Os objetos da decisão se enquadram como alternativas quando não podem ser colocadas conjuntamente em operação (FIGUEIRA et al., 2013). Já os

critérios podem ser definidos por uma função que manifesta as preferências do decisor em relação a um atributo, podendo indicar se um par de alternativas pertence ao conjunto dos pares indiferentes ou ao conjunto onde a primeira alternativa é preferível à segunda. A função que define critério, estabelece uma correspondência entre todos os pares ordenados de alternativas (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004). A definição de alternativas e critérios será, geralmente, um processo iterativo, no qual novas alternativas podem sugerir novos critérios e vice versa (GOMES, 2007).

Para mensurar os critérios são necessárias escalas. A escala determina como o avaliador colocará seu juízo de valores na avaliação das alternativas, sendo utilizada para quantificar critérios ou atributos, ou quaisquer fatores que possam ser ordenados de forma subjetiva (qualitativa) ou quantitativa. Ela tem como propósito fazer a graduação de um fator, seja por julgamento absoluto ou relativo (GOMES; GOMES, 2014). O resultado final da estruturação do problema multicritério consiste na matriz de avaliação, em que se torna possível identificar os desempenhos das alternativas para cada critério. Sua composição permite a evolução da metodologia multicritério de acordo as características do método escolhido (CAMPOS, 2011).

O peso ou ponderação diz respeito à medida definida pelo decisor, em função de suas preferências, para a importância relativa aos critérios (GOMES; ARAYA; CARIGNANO, 2004). O conjunto de pesos estabelecido é utilizado para computar a importância relativa da união dos critérios que são a favor da assertiva “ a é igual ou superior a b ” (MOUSSEAU; FIGUEIRA; NAUX, 2001).

A imprecisão e a incerteza de uma decisão dificultam que a avaliação das ações a e b , $g(a)-g(b)$, seja automaticamente traduzida em uma preferência de a com relação a b . Uma maneira de melhor enquadrar esses limites entre as situações de preferência é estabelecer alguns parâmetros, que funcionam como limites de tolerância para a passagem de uma situação de preferência para a outra, quando duas ações são comparáveis (GOMES; GOMES, 2014). Nesse sentido, os limites de indiferença e preferência (q e p , respectivamente) podem ser definidos como as informações de preferência intracritérios (MOUSSEAU; SLOWINSKI, 1998).

Os valores componentes da matriz de grau de preferência entre as alternativas, delimitados pelo parâmetro P seguem a determinação a seguir (BRANS; VINCKE; MARESCHAL, 1986):

- $P(a, b) = 0$ foi atribuído a uma indiferença entre a e b , ou não preferência de a sobre b ;
- $P(a, b) \sim 0$ foi atribuído a uma fraca preferência de a sobre b ;

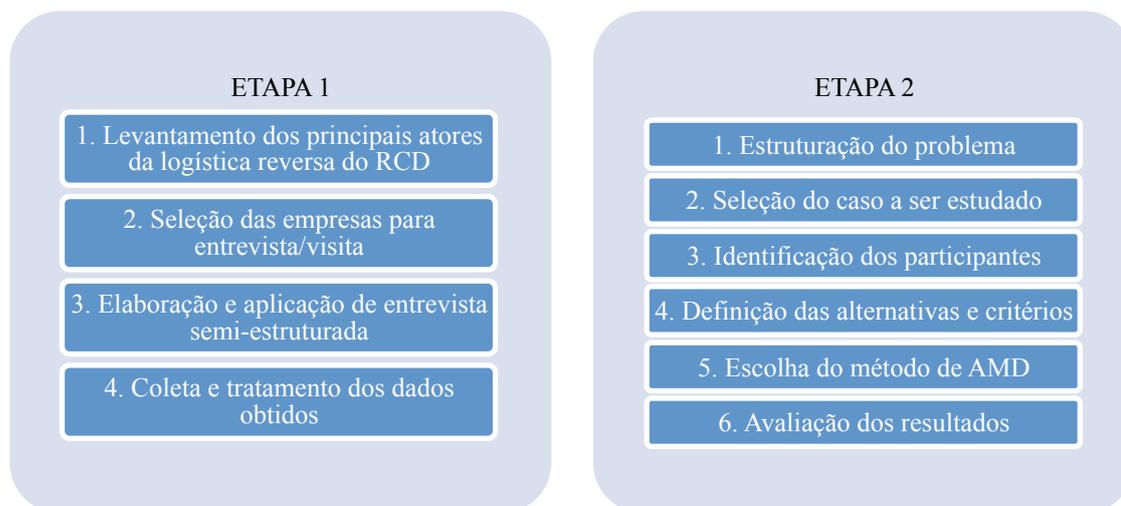
- $P(a, b) \sim 1$ foi atribuído a uma forte preferência de a sobre b ;
- $P(a, b) = 1$ foi atribuído a uma estrita preferência de a sobre b .

Finalmente, para cada alternativa, os fluxos positivo ϕ^+ e negativo ϕ^- são calculados a partir dos índices de preferências. A grandeza $\phi^+(a)$ expressa o quanto uma alternativa a supera todas as outras, ou seja, quanto maior o fluxo positivo de uma alternativa, melhor ela é. A grandeza $\phi^-(a)$ expressa o quanto uma alternativa a é superada pelas demais, ou seja, quanto menor o fluxo negativo de uma alternativa, melhor ela é. Essas grandezas são utilizadas para explorar as relações entre as alternativas (SILVA et al., 2014).

3 METODOLOGIA

O estudo teve início por meio da subdivisão do trabalho em duas etapas, de acordo com a natureza dos objetivos a serem alcançados, conforme apresentado na Figura 4 a seguir:

Figura 4 – Fluxograma da metodologia da pesquisa

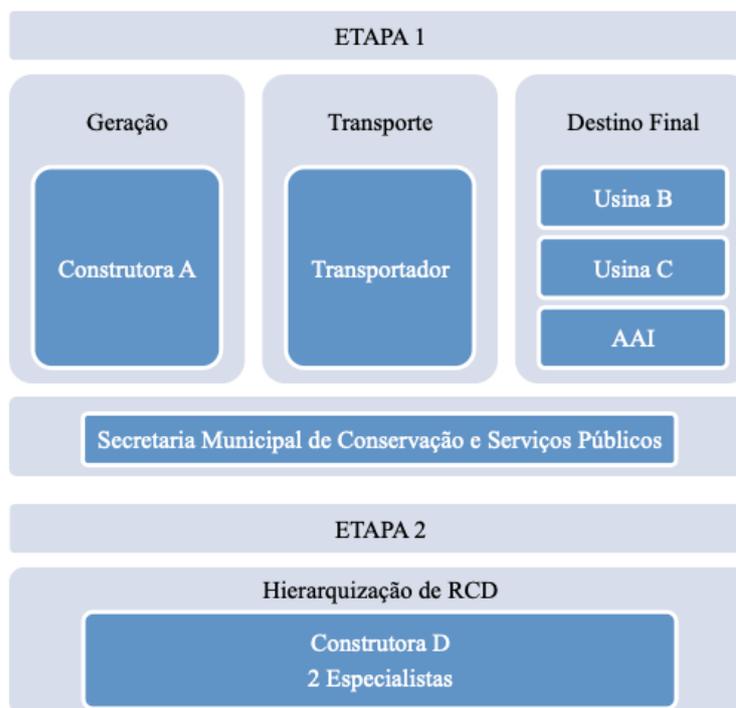


Fonte: Elaborada pela autora.

A etapa 1 da pesquisa se refere à análise das atividades individuais e coletivas de empresas locais envolvidas na logística reversa do RCC, buscando descrever todas as fases e os integrantes desde a geração até o reaproveitamento e reinserção dos resíduos na indústria, sendo analisada sob uma perspectiva prioritariamente qualitativa. Por outro lado, a etapa 2 foi marcada por um estudo de caso da realidade de geração de RCC de um empreendimento, com o fito de hierarquizar os principais componentes do RCC, com o intuito de facilitar a escolha dos elementos com maior necessidade de reaproveitamento para posterior tratamento.

Cada parte da pesquisa contou com a colaboração de diferentes participantes, tais como integrantes com atuação direta no mercado e pesquisadores especialistas no assunto. Conforme ilustrado na Figura 5, na etapa 1, foram entrevistados representantes do setor público e privado do processo de gerenciamento de RCC, a saber, da geração, transporte e destino final dos resíduos. Na etapa 2, dois especialistas técnicos e uma empresa de construção cooperaram para a hierarquização de RCC analisado, respectivamente. Para fins didáticos, a descrição da metodologia adotada neste estudo seguirá as etapas mencionadas acima.

Figura 5 – Participantes da pesquisa para etapas 1 e 2



Fonte: Elaborada pela autora.

3.1 Etapa 1

A escolha dos participantes da pesquisa foi pautada na necessidade de conhecimento de, pelo menos, um representante de cada grupo integrante da cadeia produtiva reversa, com o intuito de extrair informações sobre seu papel, responsabilidades, entraves e interação com os demais intervenientes. Para tanto, esta fase da metodologia contou com a participação de uma construtora, duas usinas de reciclagem, uma área de aterro de inertes (AAI), uma empresa de transporte de resíduos e a Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Públicos (SCSP), como descrito a seguir.

A construtora A foi selecionada em virtude de seus 35 anos de experiência no setor da construção civil, de sua marcante atuação no cumprimento de práticas sustentáveis no mercado local, da disponibilidade de detalhamento das etapas de seu PGRCC, do seu banco de dados contendo informações de origem, volume e caracterização dos resíduos de diversas obras. A empresa de transporte, por outro lado, foi escolhida em virtude da vasta experiência no ramo, tendo atuado por 15 anos na coleta, transporte e destinação final de resíduos sólidos em geral.

Para o caso das usinas de reciclagem, optou-se por investigar a atuação de duas representantes, nomeadas aqui de usinas B e C, por se tratarem das únicas empresas do ramo em atividade até o fim da coleta dos dados desta pesquisa (dezembro/2018). A usina B possui sede, localizada na cidade de Fortaleza – CE, em fase de licença de instalação e filial, situada na cidade vizinha de Aquiraz – CE, em fase de operação. Apesar de recente no mercado local de reciclagem, com cerca de cinco meses da concessão da licença de operação e três meses de atuação propriamente dita, a usina em operação – que será considerada para este estudo – tem atraído boa parte do RCC da cidade de Fortaleza e entorno. Por possuir parceria com duas empresas de transporte que, até o momento, são os únicos fornecedores de material para tratamento (prioritariamente classe A), a empresa desempenha as funções de transporte, demolição, escavação e reciclagem do material, tendo tratado cerca de 4900 m³/mês de RCC nos últimos três meses. Por outro lado, a usina C possui 20 anos de experiência no mercado de reciclagem, estimando um total de um 1.000.000 m³ de resíduos reaproveitados até o momento. Dentre as atividades desempenhadas pela empresa, estão a demolição e o tratamento de resíduos de construção, de demolição e de reformas de infraestrutura.

Ainda tratando do setor privado, a AAI tem atuado há 4 anos no mercado de gerenciamento de resíduos, recebendo cerca de 28.000 m³ RCC/mês. Apesar de ser designada para o confinamento de materiais inertes, percebeu-se durante a visita que a empresa tem funcionado como área de transbordo e triagem (ATT), sendo utilizada no recebimento de RCC para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada.

O setor público foi representado, nesta pesquisa, por membro da Coordenadoria Especial de Limpeza Urbana e Resíduos Sólidos (COLIMP) da SCSP. Tendo sido fundado em 2013, este órgão é vinculado à Prefeitura Municipal de Fortaleza, em que atua como responsável pelo planejamento e execução da política pública relacionada à limpeza urbana e resíduo sólido. Segundo entrevista, dentre as ações inúmeras desempenhadas pela instituição estão a elaboração de normas e regulamentos para o adequado gerenciamento de resíduos, o credenciamento das empresas transportadoras no sistema eletrônico Coletas Online, o monitoramento eletrônico dos veículos cadastrados, o estudo e estabelecimento de ecopontos e ecopolos, a serem melhor descritas nos resultados a seguir.

Para as entrevistas, foram elaborados questionários contendo perguntas de ordem legal (ex.: credenciamento, licenciamento, atendimento a normas ambientais, penalidades), logística (ex.: descarte, transporte, segregação dos resíduos, funcionamento do Coletas

Online) e financeira (ex.: custos com operação, tratamento, venda de produtos recicláveis), apresentados no Apêndice A. Os dados, tanto quantitativos como qualitativos, foram tratados e concatenados, dando origem a informações como a caracterização de cada uma das empresas participantes, os principais resíduos gerados em Fortaleza, a descrição de todo o processo reverso, bem como das principais dificuldades de cada interveniente.

3.2 Etapa 2

Com vistas a apresentar uma ferramenta prática aos *stakeholders* da logística reversa da ICC, a sistemática desta etapa do estudo se apoiou no método de pesquisa conhecido como modelagem, fazendo uso de técnicas matemáticas para processar dados numéricos acerca dos resíduos de construção em forma de informação útil aos tomadores de decisão. A pesquisa teve como foco a investigação de um empreendimento composto por três torres residenciais de 21 pavimentos na cidade de Fortaleza – Ceará, realizado por empresa construtora com marcante atuação no cumprimento de práticas sustentáveis no mercado local. Para isto, o estudo contou com a participação do responsável pelo sistema de gestão integrada da empresa selecionada e de dois especialistas com conhecimento técnico na área ambiental voltada para a gestão de RCC.

A hierarquização dos resíduos teve início com a estruturação do problema, seguida da escolha do caso a ser estudado e da definição do representante da construtora como decisor e dos especialistas como analistas do processo. Na sequência, a busca pelos critérios decisivos para o gerenciamento sustentável do RCC e pelas alternativas – representadas pelos tipos de resíduos comumente gerados em canteiro – teve início por meio de revisão da literatura, seguida da validação por meio do auxílio dos participantes da pesquisa, que permitiram a composição da matriz de decisão final.

Por se tratar de uma problemática de hierarquização ($P\gamma$) – que objetiva determinar a maior ou menor necessidade de tratamento dos resíduos pelo reagrupamento das alternativas, considerando critérios sustentáveis – escolheu-se o método PROMETHEE II, caracterizado como uma ferramenta simples, clara e, principalmente, estável, que permite a ordenação das alternativas em termos de maior ou menor adequação ao problema. Após a aplicação do algoritmo do método selecionado (especificação de pesos, escalas, limites de preferência e indiferença), realizou-se a análise de sensibilidade da hierarquia criada, de modo a avaliar o impacto provocado na saída devido a variações feitas nos dados de entrada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Etapa 1

4.1.1 Caracterização dos atores da cadeia produtiva de RCC de Fortaleza

A cadeia produtiva da construção civil é constituída de, basicamente, três atores, conforme Resolução CONAMA nº 307: geradores de resíduos, empresa de transporte e área de destinação de resíduos. O Quadro 7 apresenta, de forma sintética, o que será descrito a seguir a respeito das principais atividades descritas nas entrevistas pelos atores investigados no que se refere à geração de resíduos.

Quadro 7 – Responsabilidade dos atores do processo

Gerador	Transportador	Destino final	Órgão Público
<ul style="list-style-type: none"> - $V \leq 1m^3$: Ecopontos. - $V > 1m^3$: solicitação de coleta por empresa licenciada. - Não geração > redução > reutilização > reciclagem > destinação final. Construtora: - PGRCC; - Solicitar coleta por empresa licenciada; - Monitorar resíduo até o destino final; - Efetuar pagamento ao transportador segundo classe e volume do resíduo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coletar, transportar e destinar resíduo; - Trocar de veículos conforme Decreto nº 13.577; - Permitir rastreamento dos veículos via GPS; - Manter de caçambas sinalizadas e devidamente identificadas, com localização disponível via Coletas Online; - Efetuar pagamento à usina ou aterro (a depender da natureza do resíduo). 	<ul style="list-style-type: none"> Usina: - tratamento e venda de produtos reciclados ATT: - triagem e destinação do RCC AAI: - reservação de resíduo classe A (prioritariamente) Banco de Areia: - destino fictício para autodeclaração de envio do resíduo para o local de consumo Aterro sanitário: - última solução para os resíduos; - Verificar vida útil e capacidade do aterro, evitando impactos a solo, água e ar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar normas e regulamentos acerca do gerenciamento de RCC - Analisar dados de geração de resíduos e emitir de indicadores; - Credenciar transportadores e destinos finais; - Monitorar e fiscalizar a geração, captação e destinação do resíduo (a fiscalização é um instrumento da PNRS); - Aplicar penalidades proporcionais à natureza das infrações.

Fonte: Elaborada pela autora.

É importante frisar que, apesar de cada ator exercer seu papel individualmente, conforme apresentado no Quadro 7, entre eles deve predominar uma responsabilidade compartilhada relacionada ao ciclo de vida dos produtos. Portanto, apesar de cada um desempenhar uma atividade específica, todos devem contribuir para o aproveitamento do resíduos à sua maneira, reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos; reduzindo a geração de resíduos e/ou o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais; além de incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental.

a) Gerador de RCC

Os geradores de resíduos, neste caso representados pelas construtoras, constituem as empresas responsáveis por atividades ou empreendimentos que geram os resíduos de construção. Seu papel e sua responsabilidade foram descritos nas entrevistas como primordiais para o alcance de um padrão sustentável satisfatório. A Resolução nº 307 do CONAMA (BRASIL, 2002) aponta para o dever desse interveniente de incorporar ações como proibição da disposição dos resíduos em locais não licenciados, além da priorização pela não geração de resíduos, seguida da redução, reutilização, reciclagem e destinação final.

Segundo o responsável pelo Sistema de Gestão Integrada da construtora investigada, o PGRCC, exigido pela Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010a) e elaborado por responsável técnico habilitado, consiste no principal passo dado pela empresa para a adequada gestão do RCC. Por meio desse plano, são reunidas informações que guiarão o gerenciamento de resíduos ao longo da execução da obra, como a identificação da fase da obra em que o resíduo se origina, seu volume e caracterização e a definição de medidas preventivas (minimização da geração de resíduos) e corretivas (reutilização e reciclagem) a serem tomadas.

Figura 6 – Acessório utilizados pela construtora para a segregação de RCC no canteiro



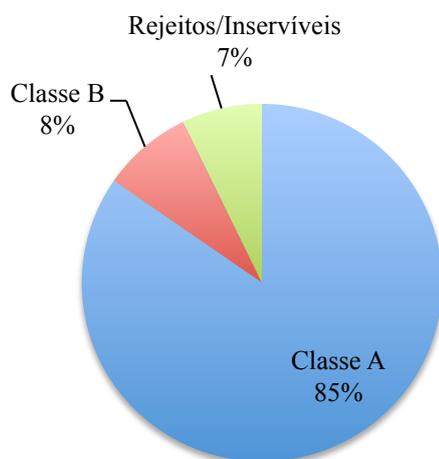
Fonte: Acervo da Construtora A.

Na prática, tendo em vista a impossibilidade de não geração de resíduos, as principais medidas constantes no PGRCC da construtora A, baseadas tanto na legislação local

como em fundamentos da filosofia *lean*, que visam a redução e o reaproveitamento de resíduos são:

- a capacitação dos trabalhadores para o uso racional das matérias-primas e para o reaproveitamento de materiais por meio de treinamentos mensais com enfoque em temas como coleta seletiva, conscientização ambiental, consumo racional de água e de energia;
- a prática de coleta seletiva, pautada na separação dos resíduos de acordo com sua classe (Figura 6);
- a criação de uma central de trinchos, que consiste em um local para fabricação de trinchos de blocos cerâmicos agrupados em kits destinados a cada pavimento;
- a paginação dos revestimentos cerâmicos;
- o aproveitamento das sobras de concreto para a fabricação de vergas e contra-vergas, entre outras.

Figura 7 – Composição do RCC de Fortaleza por classe entre 2016 e 2018

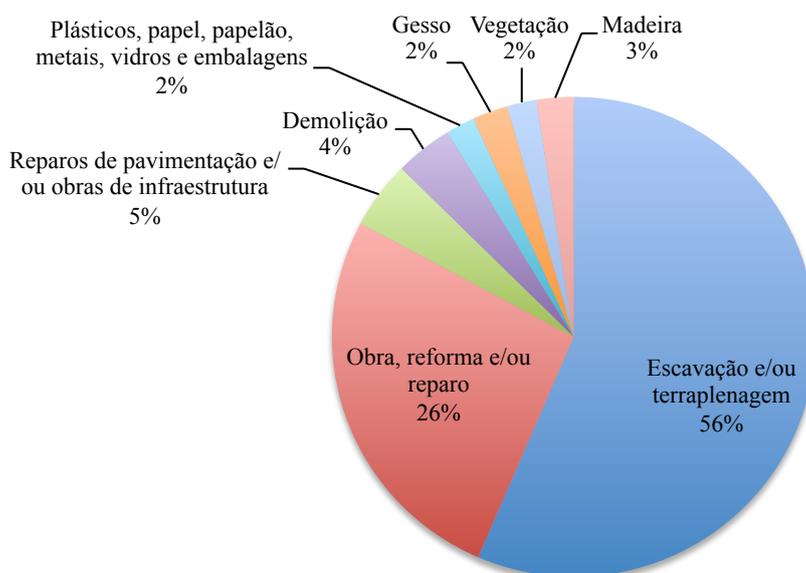


Fonte: Elaborada pela autora.

De acordo com dados disponíveis no site da Prefeitura de Fortaleza (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2019), a média mensal de geração de RCC na cidade tem se mostrado relativamente estável nos últimos três anos, apresentando volumes de 81.400 t, 69.265 t e 80.776 t de RCC em 2016, 2017 e 2018, respectivamente. No que diz respeito ao percentual de resíduos gerados por classe entre esses anos (Figura 7), os mesmos dados sugerem que, de todo o RCC produzido em Fortaleza, 85% correspondem a materiais classe A (com potencial de reutilização ou reciclagem na forma de agregados) e 8% correspondem a materiais classe B (recicláveis para outras destinações). A porcentagem de resíduos classe C e

D é irrisória, fazendo com que os 7% de RCC restantes sejam representados por rejeitos e materiais inservíveis, ou seja, resíduos sem possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis.

Figura 8 – Composição do RCC reaproveitável (classes A e B) entre 2016 e 2018



Fonte: Elaborada pela autora.

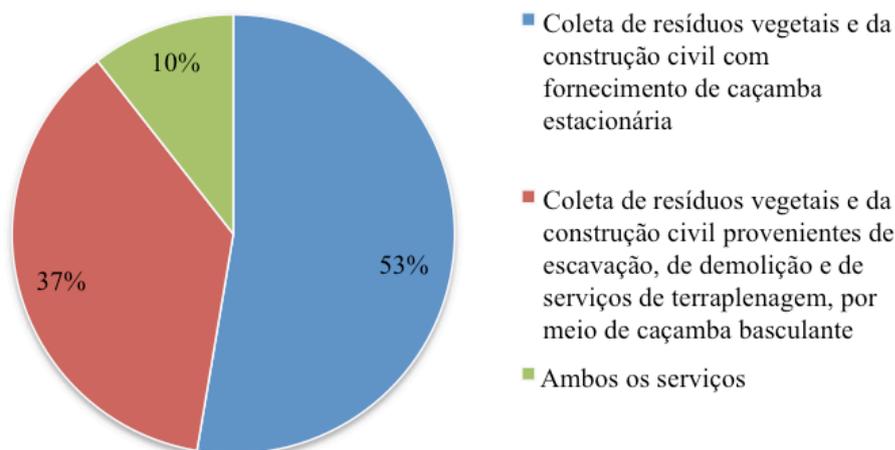
Considerando apenas os resíduos passíveis de beneficiamento apresentados na Figura 8, 56% de sua composição correspondem a materiais arenosos resultantes da preparação e da escavação de terrenos; seguidos de 26% de componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento), argamassa e concreto; 4% de materiais provenientes de demolição de edificações; 5% de materiais gerados em reparos de infraestrutura (revestimento asfáltico, de concreto, meio-fio, paralelepípedos); além de 2% de plástico, papel, papelão, metais, vidros e embalagens; 3% de madeira; 2% de vegetação e 2% de gesso. Estas informações corroboram com pesquisas acerca da composição de RCC no país (CABRAL, 2007) apresentadas anteriormente e revelam um padrão para as edificações pautado, principalmente, na utilização de estruturas de concreto e componentes cerâmico.

b) Transportador de resíduos

Os transportadores correspondem às empresas encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as construtoras e as áreas de destinação. Em virtude da

necessidade de credenciamento junto à prefeitura – o que acarreta diversas exigências de ordem jurídica e operacional – em Fortaleza existem apenas 19 empresas cadastradas no portal da prefeitura voltadas para a coleta de resíduos da construção em geral (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2018a).

Figura 9 – Empresas de transporte licenciadas



Fonte: Elaborada pela autora.

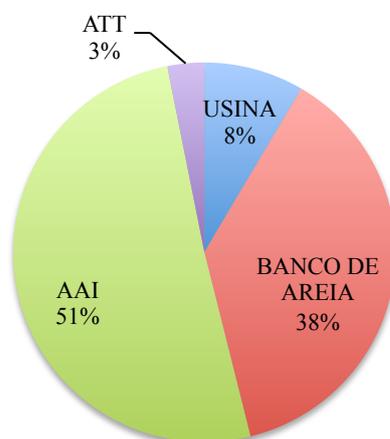
Desse total, dez empresas são responsáveis pela coleta de resíduos vegetais e da construção civil com fornecimento de caçamba estacionária, ou seja, são destinadas à coleta de resíduos sólidos provenientes de podas e cortes de árvores ou ainda de obras de construção civil, nos termos da Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002). Outras sete exercem a coleta de resíduos vegetais e da construção civil provenientes de escavação, de demolição e de serviços de terraplenagem por meio de caçamba basculante. Por fim, duas dessas empresas são credenciadas para as duas funções descritas acima (Figura 9).

Para o transporte do RCC, a empresa de transporte entrevistada utiliza poliguindastes com idade máxima de dez anos de fabricação, podendo fazer uso de caminhões caçamba em casos de transporte de resíduos de escavação, demolição e terraplenagem, conforme Decreto nº 13.577/2015 (BRASIL, 2015b). Ainda em virtude do mesmo Decreto, todas as caçambas estacionárias são sinalizadas e devidamente identificadas. Além disso, para efeito de melhor fiscalização de serviços de coleta e transporte de resíduos sólidos, os veículos citados possuem um sistema de rastreamento e monitoramento via *Global Positioning System* (GPS), capaz de fornecer à SCSP acesso, em tempo real, aos dados primários de georreferenciamento bem como de recuperar e exibir os dados históricos de rastreamento de todos os veículos credenciados.

c) *Área de destinação de resíduos*

As áreas de destinação de resíduos constituem locais designados ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos. Nesta pesquisa, essas áreas são representadas principalmente por usinas de reciclagem, AAI's, ATT's e bancos de areia. De acordo com dados da Prefeitura (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2019), percebe-se que cerca de metade do RCC total gerado na cidade é destinado a AAI's, onde os resíduos classe A são reservados em solo. Na sequência, os bancos de areia, correspondem a 38% da destinação do RCC. No contexto local, os bancos de areia não se referem a destinos reais, mas dizem respeito à comercialização de areia de escavação diretamente entre transportador e consumidor do material, monitorados via MTR, em que o transportador faz uma autodeclaração da destinação do areia, seguido da comprovação de recebimento. As usinas de reciclagem, responsáveis pelo tratamento propriamente dito dos resíduos, ocupam 8% dos locais de destinação de resíduos, seguidos das ATT's, responsáveis pela triagem e destinação correta de 3% do material (Figura 10).

Figura 10 – Destinação de todas as classes de RCC segundo seu destino final entre 2016 e 2018

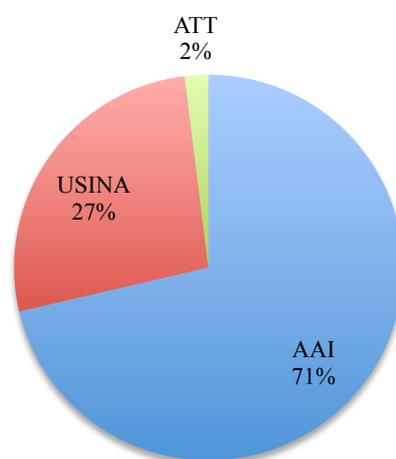


Fonte: Elaborada pela autora.

A inclusão de materiais arenosos resultantes da preparação e da escavação de terrenos – nomeados pela Prefeitura de classe A1 – interfere sobremaneira nos resultados, em virtude do grande volume do material de aterro e de terraplenagem advindo das construções. De maneira geral, esse material possui condições adequadas de reutilização, sem precisar de tratamento, sendo destinados para os bancos de areia descritos acima. Portanto, considerando-se apenas os resíduos classe A (Figura 11), à exceção da classe A1, cerca de 71% são destinados a AAI's, seguidos de usinas de reciclagem (27%) e de ATT's (2%). Percebe-se que

a maior parte do RCC tem como foco o depósito do material, uma vez que a classe A1 não demanda grandes investimentos em equipamentos ou mão de obra especializada – ao contrário das usinas de reciclagem – são considerados inertes, ou seja, não nocivos ao meio ambiente em questão. Além disso, a RMF dispõe de apenas duas usinas de reciclagem em funcionamento – estando uma em estágio inicial de exercício, conforme descrição a seguir – deixando a cargo das AAT's e AAI's a destinação final dos resíduos.

Figura 11 – Destinação de RCC classe A (exceto A1) de acordo com o destino final entre 2016 e 2018



Fonte: Elaborada pela autora.

Vale ressaltar que os dados apresentados abrangem exclusivamente os números registrados pela Prefeitura, ou seja, não consideram resíduos despejados de forma irregular em terrenos baldios, em aterros clandestinos, em corpos d'água, entre outros, contabilizando tão somente aqueles que foram legalmente destinados para locais licenciados. Assim, apesar da considerável porcentagem de RCC reaproveitada, as informações podem não refletir fielmente a realidade global da geração de resíduos da cidade. Ademais, embora sejam corretamente destinados a usinas de reciclagem, o tratamento do material nem sempre é garantido pela baixa qualidade do resíduo entregue pelas construtoras ou pela falta de tecnologia específica para o tratamento de cada um dos materiais.

c.1) Usinas de Reciclagem

A cidade de Fortaleza é servida por duas usinas de reciclagem em operação, uma localizada na própria cidade (usina C) – licenciada pela Secretaria do Urbanismo e Meio Ambiente do Município de Fortaleza (SEUMA) – e outra localizada na cidade vizinha de

Aquiraz (usina B) – licenciada pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). Por definição, as usinas de reciclagem devem priorizar o processo de transformação dos resíduos sólidos da ICC em insumos ou novos produtos (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2018a). Na prática, no entanto, percebem-se poucos avanços nesse sentido, uma vez que a falta de correta segregação do material na fonte dificulta ou, até mesmo, impede o reaproveitamento do RCC.

Por possuir pouco tempo no mercado, a usina B ainda apresenta certas limitações de atuação, como clientela restrita a duas empresas de coleta e transporte. Até o momento, a empresa tem recebido, principalmente resíduos classe A de demolição e escavação, tais como paralelepípedos e placas de asfalto, que são britados em uma usina móvel, dando origem a agregados para utilização em obras de edificação e de infraestrutura (Figura 12). O produto final é acondicionado na própria usina, ao passo que os demais materiais como madeira e aço são remanejados para outros empreendimentos licenciados.

Figura 12 – Instalações da usina de reciclagem B



a: Resíduo de obras de infraestrutura; b: Resíduo de obras de pavimentação; c, d: Britagem do resíduo e produto final do processo.

Fonte: Elaborada pela autora.

Por outro lado, atuando há anos no mercado de reciclagem de RCC, a usina C possui limitações de espaço para eventual segregação do material, o que justifica a maior exigência por resíduos que já venham adequadamente segregados da fonte e a preferência pelo recebimento de resíduos oriundos de escavações e demolições (considerados limpos), o que gera certa animosidade com relação aos transportadores, que acabam optando por usinas mais flexíveis. Os demais materiais que, por ventura, estejam contidos nos contêineres de resíduos classe A, como madeira, aço, papel e plástico, são vendidos a empresas especializadas no seu tratamento.

Outra desvantagem decorrente da insuficiência de espaço físico consiste na falta de lugar para estocagem dos produtos reciclados, o que acarreta na fabricação de seus produtos de acordo com a demanda do mercado. Assim, enquanto os produtos virgens são fabricados em massa a preços convidativos, os reciclados requerem solicitação com certa antecedência, o que resulta em demora à qual a maioria das construtoras não está disposta a se submeter.

Figura 13 – Instalações da usina de reciclagem C



a: Produto da britagem do material classe A e aço retirado de peças de concreto armado; b: Produto de britagem;
c: Veículo de transporte e britador utilizados no tratamento do resíduo
Fonte: Elaborada pela autora.

Como pode ser observado na Figura 13, o resíduo classe A (ex.: concreto armado, pavimento, cerâmica e alvenaria) tratado no local dá origem principalmente a agregados graúdo, miúdo e pó de pedra, além de tijolos reciclados (Figura 14). De acordo com o entrevistado, seus agregados reciclados, além de poderem possuir preços competitivos, muitas vezes acabam sendo mais resistentes em virtude da existência de resquícios de cimento e liga asfáltica, que promovem maior coesão ao produto final, sem contar com o apoio à preservação ambiental.

Figura 14 – Conjunto habitacional Anita Garibaldi construído com tijolos ecológicos

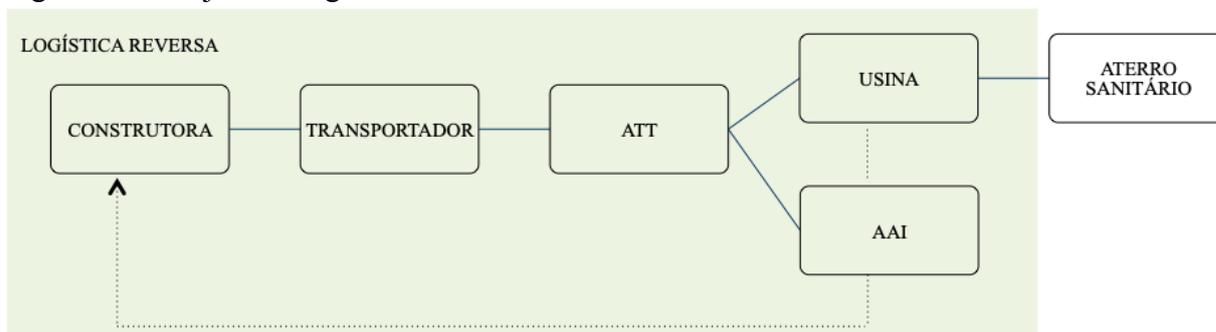


Fonte: Acervo da empresa.

c.2) Áreas de aterro de inertes e áreas de transbordo e triagem

Considerando a realidade local, de modo geral, os resíduos gerados pelas construtoras são transportados para as usinas de reciclagem em virtude da priorização pelo reaproveitamento e da menor distância percorrida, se comparada ao aterro sanitário localizado fora da cidade de Fortaleza. Em essência, aterros não devem receber resíduos de construção e constituem a última solução para o RCC, após serem considerados inservíveis para construtoras, ATT's e usinas de reciclagem. Além desses locais, AAI's também constituem destinos comuns para o RCC de Fortaleza, segundo informações do sistema Coletas Online (Figura 15).

Figura 15 – Trajeto da logística reversa do RCC em Fortaleza



Fonte: Elaborada pela autora.

Na teoria, enquanto as ATT's são destinadas ao recebimento de resíduos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, as AAI's consistem em locais para destinação de resíduos classe A no solo, visando a reservação que possibilite seu uso futuro ou futura utilização da área, no menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente. No entanto, a prática tem apontado para certa indefinição destas funções.

Considerando os conceitos acima, a AAI investigada neste estudo tem mesclado as tarefas de ambos os destinos finais mencionados. Embora haja o confinamento de parte do RCC classe A no local, para nivelamento do terreno e a reservação temporária de gesso, a maior parte do RCC – que é entregue de forma misturada (Figura 16 a, b, c) – passa por uma triagem manual. Materiais como papelão (Figura 16 e), plástico e metal são separados e destinados a recicladores ou cooperativas de reciclagem, ao passo que a madeira oriunda de obras e de poda de árvores (Figura 16 f) passa por um processo de beneficiamento no próprio local, dando origem a cavacos ou estilhas de madeira.

O cavaco é constituído por pequenos pedaços de madeira retirados do entulho de construção obtidos por meio da retirada de componentes metálicos por meio de um rolo imantado e trituração do material restante (Figura 17). A qualidade do cavaco depende da matéria-prima utilizada e possui como vantagens o baixo custo de aquisição, a preservação ambiental e a menor emissão de gases poluentes quando utilizado em caldeiras (local para onde esse produto é vendido). A reciclagem desse componente possui certas limitações de uso, em virtude da presença de verniz, tinta, desmoldante e solvente que impedem seu uso em locais como fornalhas de restaurantes, por exemplo.

Figura 16 – Resíduos antes e depois da segregação na AAI



a, b, c: Estado em que o RCC chega à usina de reciclagem; d: Resíduo classe A segregado na usina; e: Papelão segregado na usina; f: Madeira segregada na usina.

Fonte: Elaborada pela autora .

Segundo o entrevistado, o preço de venda do produto reciclável não torna a atividade financeiramente viável para a AAI. No entanto, sua produção dispensa o transporte da madeira para um aterro, sendo favorável em termos financeiros. Ademais, os cavacos de madeira possuem valor bruto menor do que outros tipos de combustível para caldeiras, além de serem ecologicamente corretos, já que se baseia no reaproveitamento de uma matéria natural que seria descartada. A AAI fornece esse produto para alimentar caldeiras de empresas da indústria têxtil, sendo vendido a R\$140/tonelada.

Figura 17 – Processo de reaproveitamento de madeira na AAI



a: Local de depósito da madeira separada para posterior tratamento; b: Equipamento de tratamento da madeira; c: Cavaco de madeira produzido a partir dos resíduos de construção

Fonte: Elaborada pela autora.

A empresa tem planos para aluguel de um britador, de modo a ampliar suas atividades pelo reaproveitamento de resíduos classe A entregues na AAI. Um dos entraves para a aquisição de maquinário para tal atividade consiste na incerteza da qualidade do material entregue pelas construtoras. A garantia da qualidade da brita reciclada se torna difícil, uma vez que a matéria-prima (Figura 16 d) normalmente é de baixa qualidade. Em virtude disso, grande parte desse material é utilizado como base e sub-base do próprio terreno da usina.

d) Poder público

A SCSP tem papel fundamental na política de gestão de resíduos da cidade de Fortaleza – CE. Um exemplo disso consiste na criação do Programa de Ações para Gestão de Resíduos Sólidos, caracterizado pela implantação de ações progressivas nos diversos bairros e regionais da cidade, envolvendo medidas em áreas como a revisão da legislação relacionada a questões ambientais, criação de ecopontos, implantação e controle do sistema eletrônico

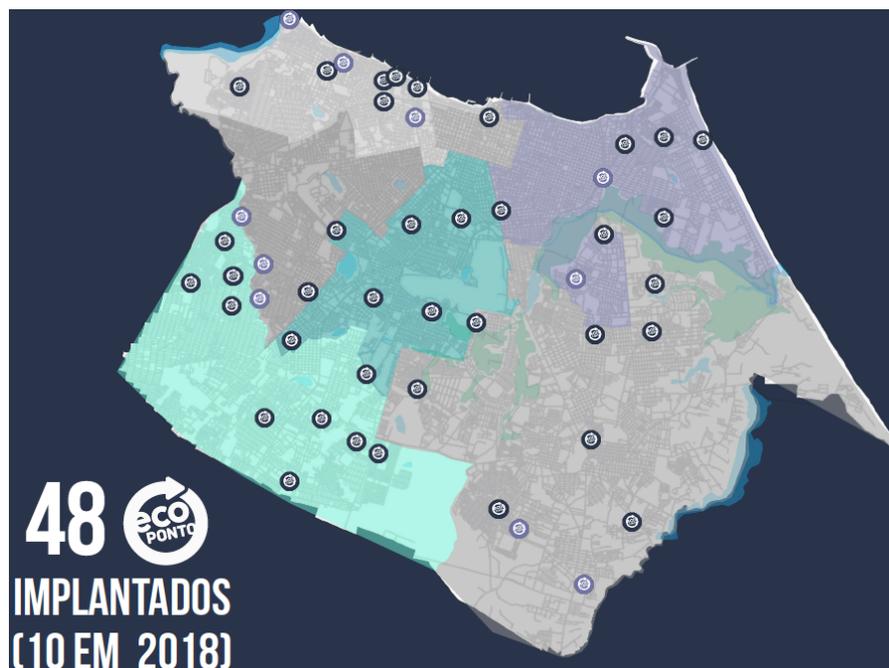
Coletas Online, credenciamento e monitoramento dos veículos de transporte, entre outros. A seguir estão descritas as principais funções desempenhadas pelo órgão.

Com o intuito de fortalecer os instrumentos de atuação do poder público em relação às infrações cometidas e estimular o cumprimento das normas, a SCSP tem atuado na revisão da legislação do grande gerador por meio das seguintes medidas:

- criação de novas tipificações de infrações e penalidades, de acordo com o avanço de atuações contrárias ao desenvolvimento sustentável;
- aumento das penalidades previstas aos infratores, como forma de coibir ações ilícitas;
- incorporação de novas medidas, como fechamento administrativos, remoção de veículos e equipamentos;
- vinculação da manutenção do alvará de funcionamento ao cumprimento da legislação, e;
- possibilidade de inclusão do devedor em cadastro público de inadimplentes.

Para atender às necessidades dos geradores e transportadores de pequenos volumes de resíduos, foram criados os ecopontos, que consistem em um conjunto de áreas disponibilizadas à população para a entrega voluntária de RCC tais como entulho, restos de poda, papelão, plásticos, vidros e metais. Conforme apresentado na Figura 18, a Prefeitura de Fortaleza dispõe, atualmente, de 48 ecopontos instalados em áreas públicas estrategicamente localizadas para estimular o comportamento voluntário da população na destinação de pequenas quantidade de resíduos não recebidos pela coleta domiciliar e para facilitar a atividade de coleta por parte dos transportadores – que terão todo o material acumulado em um só local. Desse modo, tem-se priorizado a coleta preventiva, em que o material é depositado em locais adequados, em vez da coleta corretiva, em que o resíduo é coletado em locais impróprios.

Figura 18 – Localização dos ecopontos em Fortaleza – CE



Fonte: Prefeitura de Fortaleza (2018).

A implantação do Sistema Eletrônico de Controle de Resíduos Volumosos e da Construção Civil, conhecido como Coletas Online, constitui outra ação desenvolvida recentemente pela SCSP. Baseado no sistema de gestão de RCC da cidade de Jundiaí – SP, que já serviu de modelo para diversas outras prefeituras do país, o Coletas Online foi implantado na cidade de Fortaleza no ano de 2015 com o objetivo de integração das ações da Prefeitura e dos prestadores de serviço por meio de recursos online de credenciamento, solicitação de serviços, fiscalização e acompanhamento do transporte do RCC, dentre outros. Maiores detalhes acerca desse sistema de gestão de RCC serão fornecidos na seção 4.1.1.4 a seguir.

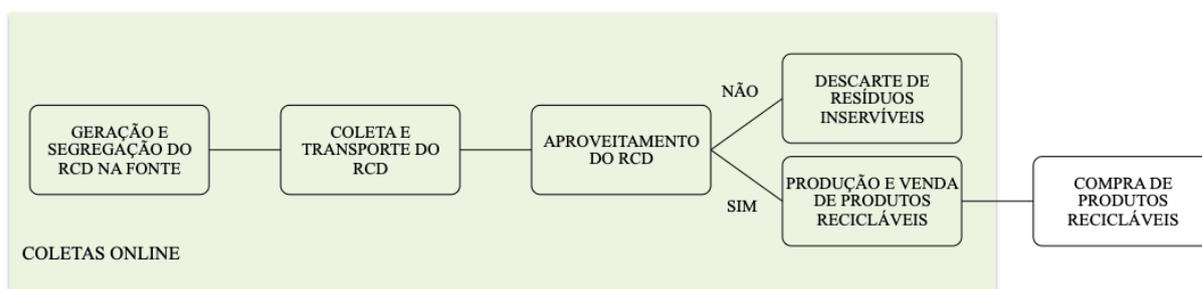
Finalmente, o credenciamento de empresas transportadoras junto à Prefeitura avalia os aspectos técnicos, tais como sua capacidade técnica, operacional e financeira, para a adequada prestação de serviço. Assim, a autorização da atividade dos transportadores é condicionada ao cumprimento de exigências documentais e vistoria de frota, cujo padrão mínimo estabelecido preza pela segurança no trânsito, além de buscar atender à demandas de obras de diversos portes. A partir disso, a SCSP elabora uma lista de transportadores credenciados pela Prefeitura, ou seja, servidores aptos e autorizados à coleta de resíduos sólidos caracterizados como não perigosos (ABNT, 2004) e gerados em atividades

comerciais, industriais e de prestadores de serviços, em volume igual ou superior 100 litros por dia.

4.1.2 Etapas da logística reversa do RCC

A logística reversa do RCC consiste na sequência de atividades desempenhadas pelos principais intervenientes descritos anteriormente, com vistas a conhecer seu funcionamento, identificar falhas e propor melhorias para o sistema como um todo. Conforme Figura 19, que retrata a realidade da cidade de Fortaleza, a construtora inicia o processo por meio da geração de resíduos, buscando a redução dos volumes gerados, sua segregação dentro do canteiro e depósito em contêineres fornecidos pelo transportador. O RCC coletado e transportado por empresa licenciada e credenciada pode ou não ser reaproveitado, a depender da classe do resíduo considerado.

Figura 19 – Fluxo de processos



Fonte: Elaborada pela autora.

Para situações em que não há possibilidade de tratamento por meios disponíveis e economicamente viáveis, procede-se com o descarte dos resíduos inservíveis para os aterros. Nos casos em que existe a possibilidade de reaproveitamento, destina-se o material para usinas, ATT's ou AAI's, de acordo com o potencial de reversibilidade do resíduo. Por fim, a produção e venda de produtos reciclados é responsável pelo retorno do material para o mercado consumidor – na forma de agregados, tijolos e cavacos de madeira apresentados neste estudo, por exemplo – dentro e fora da ICC, de modo a fechar o ciclo da logística reversa do RCC.

Em conformidade com a Figura 19 apresentada, ao longo dessa cadeia reversa, o sistema Coletas Online funciona como uma ferramenta de apoio ao gerenciamento dessas atividades de geração, transporte e destinação final ambientalmente correta do RCC gerado

pelos grandes geradores. De modo geral, o uso desse sistema eletrônico ocorre com o auxílio de internet, que torna a gestão de resíduos mais rápida e prática por meio do compartilhamento de informações adicionadas em tempo real pelos seus integrantes.

A Figura 20 ilustra as ações possibilitadas pelo uso dessa ferramenta. O primeiro passo consiste no cadastro do PGRCC no sistema por parte da construtora, seguido da escolha de uma empresa credenciada disponível no site da Prefeitura (<https://goo.gl/9nz29w>). A entrada no MTR (Anexo A) – contendo características e quantificação dos resíduos transportados, bem como sua origem e destino final – tem início por meio da notificação de envio dos contêineres solicitados, os quais deverão conter a identificação e a localização dos geradores e transportadores em tempo real por meio do georreferenciamento dos contêineres locados na obra. Ao serem feitos os registros de envio e/ou a retirada de caçambas no sistema, tanto a prefeitura quanto os envolvidos no processo têm controle da localização das caçambas estacionadas, em trânsito e entregues ao destino final, bem como dos prazos de remoção e de transporte para aterro acima do estabelecido, como ilustrado na Figura 21.

Figura 20 – Implantação de sistema eletrônico de controle de resíduos sólidos

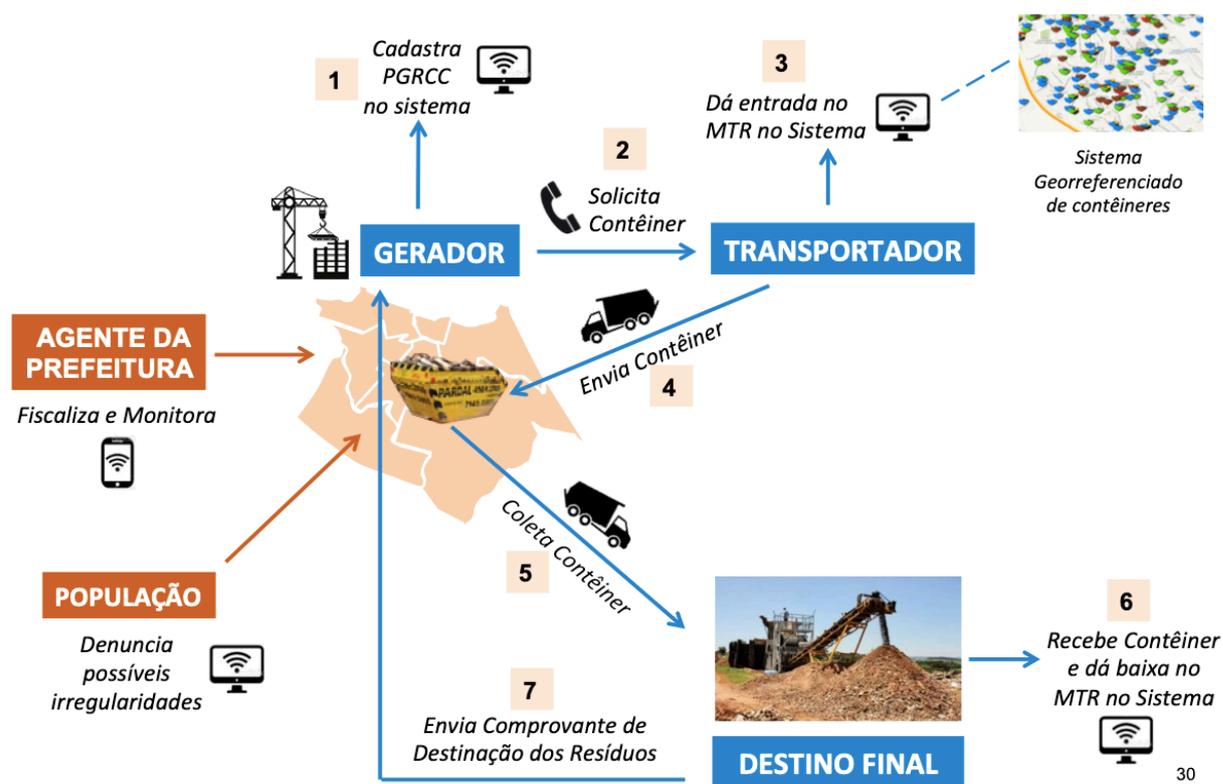
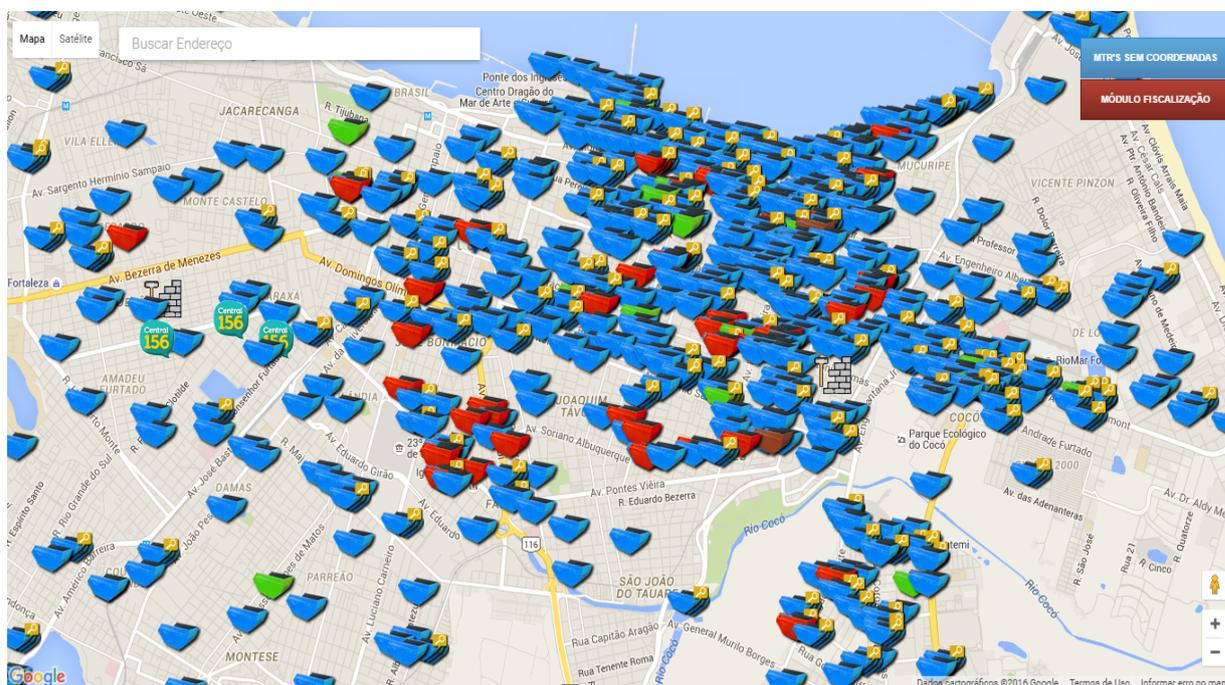


Figura 21 – Identificação e localização dos geradores e transportadores em tempo real por meio do georreferenciamento dos contêineres locados na obra



Fonte: Prefeitura de Fortaleza (2016).

A rastreabilidade do RCC, facilitada pelo sistema de georreferenciamento, também viabiliza as visitas de fiscais e o envio de registros fotográficos que comprovem as condições de identificação e posicionamento dos contêineres bem como do RCC coletado. As cores informadas no Coletas Online indicam a situação de cada contêiner no momento da vistoria, a saber: verde – caçamba e resíduo regulares; azul – caçamba a ser vistoriada; marrom – resíduos irregulares, passíveis de nova vistoria; vermelha – caçamba de empresa clandestina, passível de guinchamento; branca – caçamba ausente; preta – caçamba apreendida.

A baixa do MTR é dada após o recebimento do contêiner e a checagem da classificação do RCC no local de destinação final. Segundo os entrevistados, essa verificação se dá pela incompatibilidade frequente entre a classe do resíduo no MTR e o conteúdo, de fato, transportado (verificar seção 4.1.1.5, sobre os entraves do processo). Caso ocorra conflito de classificação, é efetuado registro de “RECEBIMENTO COM DIVERGÊNCIA” no sistema, que acarreta na reclassificação do RCC no destino final. Após finalizada essa etapa, é feito o envio do comprovante de destinação dos resíduos aos participantes do processo.

Todos os dados obtidos pelo sistema permitem um melhor planejamento de ações diretivas e preventivas capazes de desburocratizar e organizar as informações de todas as empresas e entidades envolvidas na produção de RCC. Dentre as suas funcionalidades, encontram-se: credenciamento de transportadores e destinos finais; facilidade da escolha de transportadores autorizados e o acionamento para o envio ou retirada de caçambas; cadastramento de solicitação de MTR eletrônico; acesso rápido a informações do sistema por qualquer agente de trânsito ou fiscal do meio ambiente, como pesquisar notificações e gerar autos de infração; georreferenciamento dos contêineres de coleta e transporte do RCC, que permite a fiscalização de baixo custo de veículos e caçambas estacionadas nas vias públicas; inibição da ação de empresas clandestinas; controle da destinação final nos locais autorizados; acompanhamento da situação dos ATT's quanto ao volume de resíduos excedentes, de modo a controlar e, se necessário, redirecionar o envio dos resíduos para outros locais; e geração de indicadores, responsáveis por auxiliar na elaboração de políticas públicas mais efetivas.

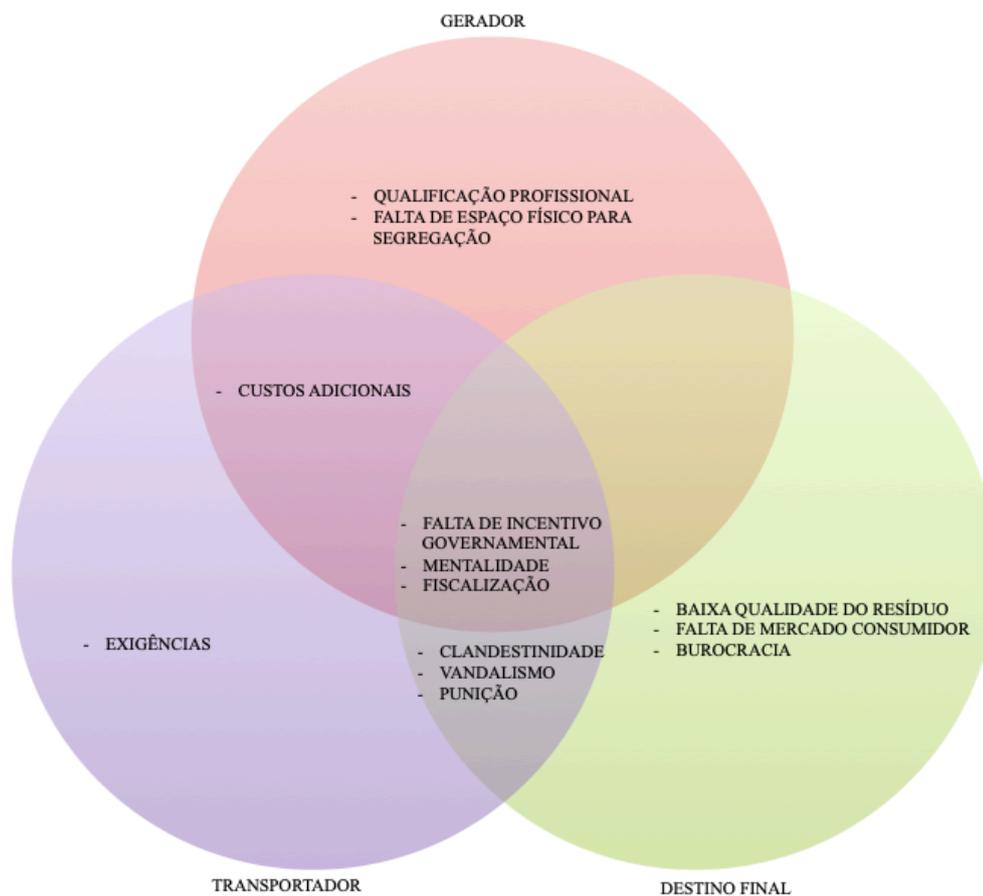
4.1.3 Entraves para o progresso da gestão de resíduos na cidade de Fortaleza

O gerenciamento do RCC costuma ser marcado por diversos obstáculos que dificultam ou, até mesmo, impedem sua implantação total e/ou otimização. O encadeamento das atividades de diversos *stakeholders* acaba interferindo de forma significativa a fluidez do processo, uma vez que os resultados das ações de um interveniente afetam de forma direta ou indireta as ações do seu sucessor na cadeia. A Figura 22 a seguir representa de forma didática os principais entraves citados pelos entrevistados para o amadurecimento da cadeia reversa.

É de comum acordo entre as partes entrevistadas citar a mentalidade alheia às questões ambientais como um dos principais obstáculos para uma melhor gestão dos resíduos da construção. Pode-se incluir nesse ponto a falta de conhecimento e interesse sobre o tema, justificada pela carência de mão de obra qualificada apontada pelo gerador, pela visão dos possíveis danos apenas a curto prazo e pela prevalência das questões financeiras sobre os aspectos ambientais. Durante as entrevistas, todos os participantes mencionaram a dificuldade existente na mudança de pensamento dos gestores e trabalhadores da construção civil como o possível causador de outros problemas, a exemplo da falta de fiscalização e de incentivo governamental. Segundo dados cedidos pelo membro da SCSP, o próprio modelo de Coleta Especial Urbana (CEU), adotado pela Prefeitura para serviços de limpeza urbana, constitui um dos grandes responsáveis pela manutenção do problema do RCC na cidade. Por realizar a retirada dos materiais dispostos em pontos de lixo, a CEU acaba pautando sua ação na gestão

corretiva dos resíduos, englobando atividades não preventivas, repetitivas e custosas, que não surtem resultados adequados por incentivar hábitos irregulares na disposição de resíduos sólidos.

Figura 22 – Entraves da gestão de resíduos segundo seus *stakeholders*



Fonte: Elaborada pela autora.

Em teoria, quaisquer atividades de construção civil e de infraestrutura deveriam conter dados como classificação e quantificação dos resíduos e geração mensal dos resíduos (FORTALEZA, 2004), bem como segregação na origem e destinação para as usinas de reciclagem (FORTALEZA, 2011). No entanto, a consideração da segregação ou triagem dos resíduos na origem como algo preferencial e não obrigatório, como descrito na Resolução nº 307 do CONAMA, acaba levando os geradores a uma atitude discricionária quanto à separação dos componentes do RCC ainda em campo. Além disso, na prática, a Agência de Fiscalização de Fortaleza (AGEFIS) – que é responsável pela fiscalização urbana, incluindo verificação de licenças, alvarás, autorizações, permissões e meio ambiente – também é marcada por deficiências na fiscalização de tais exigências, o que acaba dificultando a tomada

de medidas preventivas e corretivas. Segundo os entrevistados, isso se deve principalmente à desqualificação dos fiscais para a execução do seu papel, uma vez que muitos deles não possuem formação profissional capaz de provê-los com uma visão holística dos problemas envolvidos na geração de resíduos.

A ausência ou ineficiência de fiscalização acaba sendo transigente com empresas que atuam de forma irregular. Dentre os exemplos estão a falta de licença para a execução de obras (principalmente de pequeno e médio porte), a não redução e não segregação de resíduos na fonte pelas construtoras. A demora no descarte de rejeitos e o recebimento de resíduos fora do sistema Coletas Online também é assunto recorrente entre os entrevistados. Além disso, no caso dos transportadores, a ação de diversas empresas não credenciadas, o não lançamento de MTR para possibilitar o descarte irregular do RCC e a utilização de veículos não credenciado para aumentar a capacidade operacional das empresas credenciadas (veículos ultrapassados sendo utilizados sem credenciamento) são algumas das queixas apresentadas pelos entrevistados na pesquisa.

Percebe-se que os gastos que uma empresa regularizada despense para cumprir metas sustentáveis acabam tornando sua contratação financeiramente menos vantajosa que uma empresa irregular. Segundo dados da SCSP, caçambeiros e empresas de transporte não credenciadas, por exemplo, oferecem serviços a preços correspondentes a um terço do praticado pelo mercado regular. Em função disso, o terceiro entrave, que trata da falta de incentivos governamentais, torna-se mais compreensível, uma vez que a implementação de diversas vantagens (como deduções de impostos, por exemplo) acaba tornando as empresas adeptas de práticas ambientalmente adequadas mais competitivas que as demais.

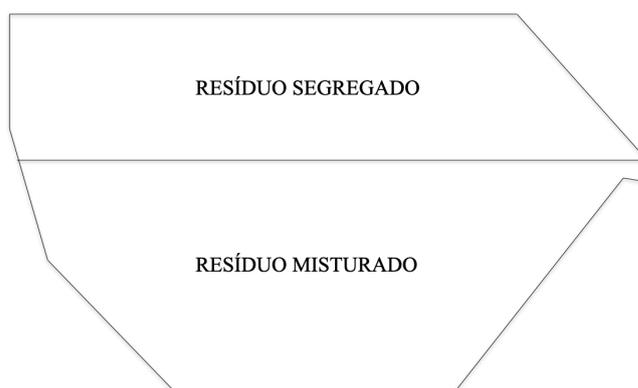
Segundo os responsáveis pelo ramo de transporte e destino final, a falta de punição por parte das autoridades inexoravelmente impulsiona a ação de empresas clandestinas ou com irregularidades a permanecerem atuantes no mercado. No entanto, ao mesmo tempo em que os participantes da pesquisa revelam um afrouxamento da aplicação da lei para o combate à clandestinidade, eles apontam para sanções excessivamente pesadas sobre as empresas com atuação legal no mercado.

Não bastasse esse fato, tais atores citam atos de vandalismo como outra forma de desestímulo à sua atividade. A ocultação de produtos de furto por parte dos funcionários da obra e o depósito de toda sorte de resíduos pelos funcionários ou terceiros, sem o conhecimento dos responsáveis, nos contêineres, além de pichações das caçambas estacionárias praticadas por transeuntes – que podem acarretar em multas para seu fornecedor,

em virtude do impedimento da identificação dos dados do contêiner – são algumas das ocorrências citadas pelos entrevistados.

Há ainda casos em que se pratica a camuflagem deliberada de resíduos misturados na parte inferior da caçamba pela disposição de resíduos segregados na parte superior, conforme apresentado na Figura 23, para baratear os custos do transporte do material. Assim, por vezes, resíduos classificados como recicláveis – os quais possuem custo menor tanto na transação construtora-transportador como transportador-destino final – podem exigir segregação e reclassificação adequadas – o que leva a um reajuste dos preços a serem pagos e a um aumento de trabalho para os funcionários das usinas – ou até mesmo o descarte dos materiais, por estes terem sido contaminados de forma irreversível, tornando-se inservíveis para futuros tratamentos.

Figura 23 – Esquema do depósito irregular de resíduos nas caçambas estacionárias



Fonte: Elaborada pela autora.

Com efeito, a atuação de algumas construtoras em desacordo com a prescrição da PNRS (BRASIL, 2010a), que as responsabiliza por segregar os resíduos de acordo com as classes estabelecidas pela Resolução nº 307/2002 (BRASIL, 2002), foi bastante enfatizada durante a pesquisa, sendo tida como a maior responsável pelo não reaproveitamento de grande parte dos resíduos da construção. Além disso, casos em que apenas uma parte dos resíduos é transportada por empresas licenciadas durante o dia, ao passo que a outra é descartada em locais irregulares por meio de transportadores clandestinos durante a noite, foram mencionados como frequentes no ramo da construção civil por representarem uma redução significativa de gastos para a construtora. Percebe-se, portanto, que a responsabilidade compartilhada nem sempre é considerada, uma vez que não há preocupação por parte da construtora em saber o fim dado ao resíduo.

Ademais, preocupação comum entre geradores e transportadores, os custos adicionais referentes à introdução de medidas sustentáveis foram citados como barreiras à observância das diretrizes ambientais. A compra de materiais para a separação dos resíduos, o aluguel de um número maior de contêineres, o treinamento de pessoal – no caso da construtora, a necessidade de troca dos veículos de acordo com o material transportado e os gastos com a usina e/ou aterro – no caso dos transportadores – são exemplos de exigências que oneram substancialmente os gastos dos *stakeholders*.

Por fim, os locais de destinação final dos resíduos enfrentam problemas específicos a suas atividades, apesar de traçarem estratégias para combatê-los (Figura 24). Se por um lado esses resíduos têm potencial cientificamente comprovado de atuação como substitutos de certos materiais na construção civil, por outro lado, a má qualidade do seu conteúdo, a falta de técnicas ou os custos elevados de tratamento (vide Figura 18) limitam sobremaneira a produção de reciclados que atraiam o mercado consumidor, tanto com relação à qualidade como com relação aos preços finais pouco competitivos. Somado a isso, a burocratização para a abertura e a manutenção desse tipo de empresa tem servido como um grande desestímulo para o crescimento desse mercado na cidade de Fortaleza como um todo. Diferente da filial de Aquiraz, cuja licença de operação foi concedida após 5 meses da solicitação, a usina B de Fortaleza levou cerca de dois anos para conseguir a licença prévia que, até o momento, autoriza apenas o recebimento dos resíduos, por exemplo.

Figura 24 – Aspectos positivos e negativos para a utilização de produtos reciclados

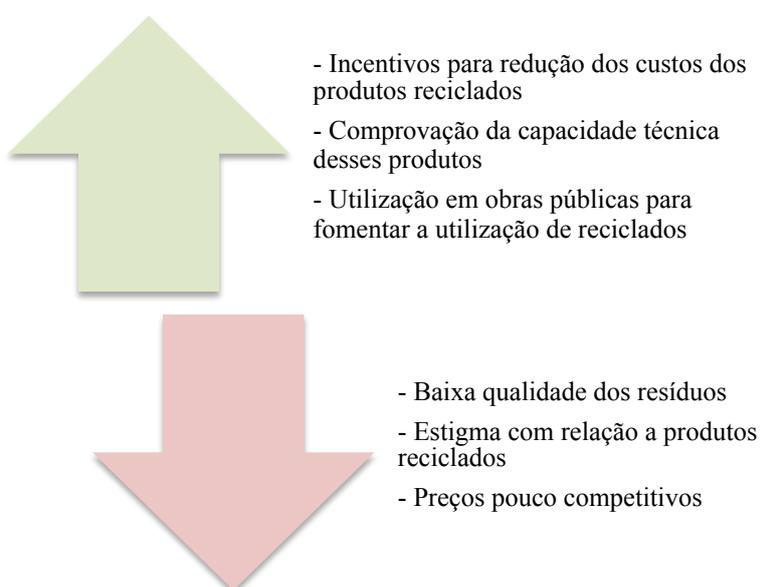
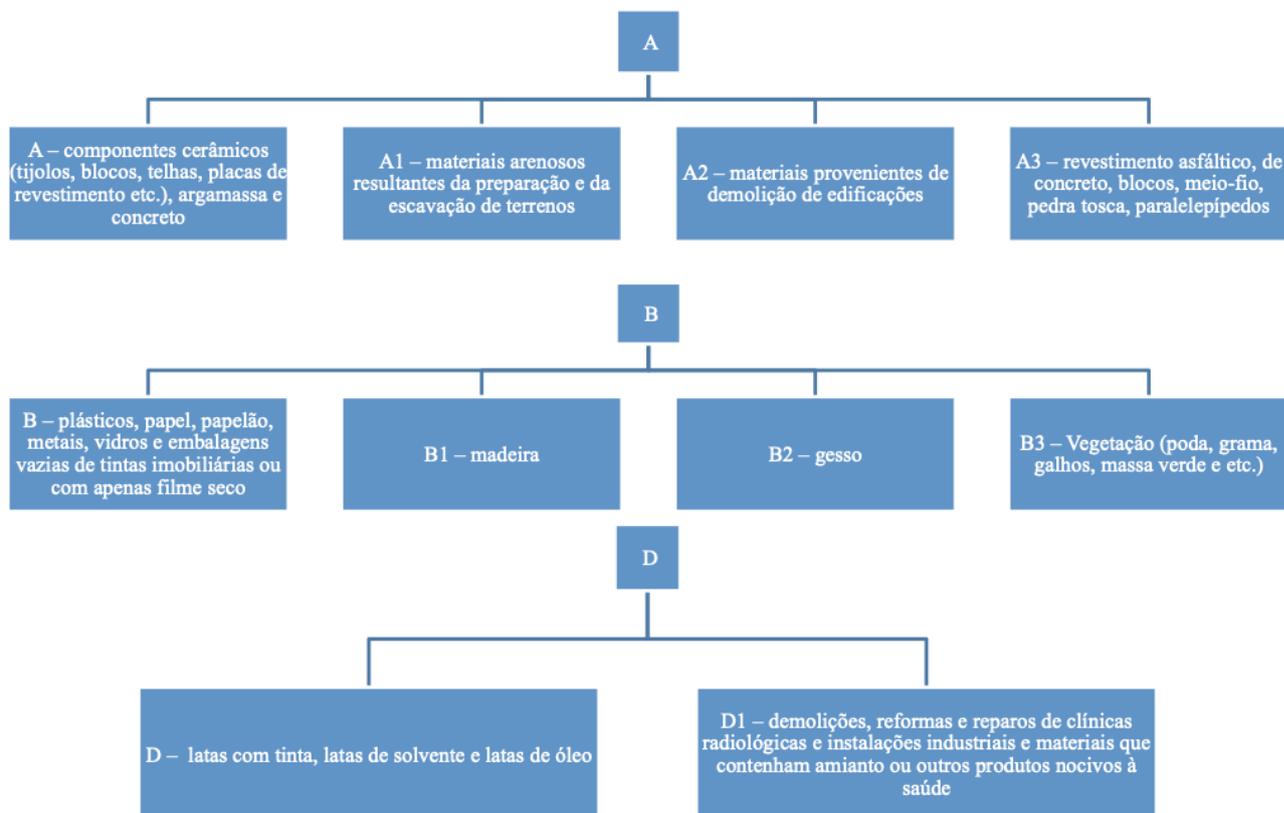


Figura 25 – Subclassificação da Prefeitura de Fortaleza para o gerenciamento do RCC



Fonte: Elaborada pela autora.

Segundo membro da SCSP, a classificação utilizada pelo CONAMA (classes A, B, C e D) é considerada deficiente, pois cada classe abrange uma vasta gama de componentes de naturezas diversas que dificultam a destinação do resíduo. Em virtude disso, a Secretaria utiliza subclassificações segundo a utilização futura que será dada para cada material, conforme apresentado na Figura 25.

4.2 Etapa 2

Para a etapa dos resultados referente ao AMD, é importante ressaltar que não somente a ordenação final das alternativas como também cada uma de suas fases – levantamento de critérios e alternativas, definição de pesos, hierarquização e análise de sensibilidade – compõem a solução do problema. O resultado parcial de estruturação do problema consiste na matriz de avaliação, em que se torna possível identificar os desempenhos das alternativas para cada critério (Quadro 8).

Quadro 8 – Matriz de decisão

Alternativas	Critérios				
	Volume gerado (m ³) (C ₁)	Classe do resíduo (C ₂)	Custo de Transporte (R\$/m ³) (C ₃)	Impacto ambiental (C ₄)	Facilidade de reciclagem (C ₅)
Classe A (A₁)	1386,0	A	R\$47,62	Alto	Fácil
Gesso (A₂)	558,6	B	R\$71,43	Baixo	Médio
Madeira (A₃)	445,2	B	R\$61,90	Médio	Médio
Papel (A₄)	4,2	B	R\$98,00	Baixo	Fácil
Plástico (A₅)	16,8	B	R\$98,00	Baixo	Fácil

Fonte: Elaborado pela autora.

A formulação dos critérios integrantes da matriz de decisão foi feita a partir de buscas na literatura, de entrevistas com um profissional da empresa analisada e com dois especialistas na área de gestão de resíduos, resultando em cinco dimensões a serem investigadas: volume gerado de resíduos, classe do resíduo, custo do transporte do material, impacto ambiental e facilidade de reciclagem.

A inclusão do critério “volume gerado” se justificou não apenas pela sua representatividade em meio a outros tipos de resíduos sólidos, como também pela sua capacidade de reaproveitamento. No caso em análise, o volume gerado desde o início até a conclusão do empreendimento foi obtido por meio de tabelas de controle de resíduos fornecidas pelo responsável técnico da construtora.

O custo de transporte consiste em um dos critérios de principal relevância para a tomada de decisão por parte dos geradores, uma vez que a própria empresa é responsável pela destinação do material, seja para AAI's, ATT's ou usinas de reciclagem. Em geral, um dos cuidados das geradoras de RCC consiste na segregação prévia dos resíduos em virtude da significativa diminuição dos custos de RCC segregado por unidade de transporte. Para este estudo, os preços de coleta por caçamba foram fornecidos por empresa credenciada na Prefeitura.

A redução do impacto ambiental causado pelo RCC é, sem dúvida, um dos grandes objetivos no processo decisório de uma empresa. Após orientação por parte de especialista na área de gestão de resíduos, optou-se pela mensuração do critério impacto ambiental com relação à solubilidade do material, definido pela NBR 10004 (ABNT, 2004), por meio de escala verbal atribuída pelo próprio profissional. Para tanto, classificou-se o potencial do resíduo de se dissolver na água e contaminar o solo e/ou água em alto, médio ou baixo.

Finalmente, a facilidade de reutilização ou reciclagem foi mais um critério sugerido por outro especialista da área ambiental, que não somente aconselhou acerca do critério como atribuiu escala verbal – fácil, médio e difícil – a cada alternativa. Esse aspecto considera a disponibilidade de empresas e/ou técnicas locais para tratar cada um desses resíduos. Desse modo, resíduos cuja técnica seja largamente conhecida ou cujas empresas de tratamento sejam abundantes na região estudada serão consideradas de fácil reciclagem.

Quadro 9 – Parâmetros atribuídos pelo tomador de decisão

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
Peso relativo	0,5	0,5	1	0,5	0,3
Preferência	130	1	5	1	1

Fonte: Elaborado pela autora.

Foram estabelecidos, pelo decisor, tanto os pesos relativos quanto os limites p de cada um dos critérios analisados, conforme apresentado no Quadro 9. Considerou-se nulo o limite q ($q = 0$), uma vez que cada variação entre os pares de alternativas foi considerada relevante.

Quadro 10 – Matriz de preferência

	C ₁					C ₂					C ₃					C ₄					C ₅				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
A ₁	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
A ₂	0	0	0,9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A ₃	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
A ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
A ₅	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

Fonte: Elaborado pela autora.

As comparações binomiais entre as alternativas, considerando cada um dos critérios, geraram os fluxos positivos (θ^+) e negativos (θ^-), cuja soma resultou no fluxo global, responsável por indicar a pré-ordem completa entre os resíduos gerados, conforme Quadro 11.

Quadro 11 – Fluxos globais das alternativas

	Fluxos positivos globais θ^+	Fluxos negativos globais θ^-	Fluxos líquidos globais θ
Classe A (A_1)	10,6	0	10,6
Gesso (A_2)	3,4	4,9	-1,5
Madeira (A_3)	5,5	3,8	1,7
Papel (A_4)	0,6	6,0	-5,4
Plástico (A_5)	0,6	6,0	-5,4

Fonte: Elaborado pela autora.

Finalmente, conforme apresentado no Quadro 12, após a atribuição de três pesos distintos dos valores estabelecidos pelo tomador de decisão, verificou-se que as alterações das preferências do decisor não interferiram de forma expressiva na ordenação dos resíduos de maior interesse para as usinas de reciclagem, a saber, o entulho e a madeira. Assim, demonstrou-se haver certo grau de estabilidade dos critérios e das alternativas pela variação nos valores dos parâmetros durante a análise da sensibilidade.

Quadro 12 – Fluxos globais segundo variação de pesos relativos

	Peso relativo						Fluxo líquido global				
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
Peso 1	0,4	0,4	0,9	0,4	0,2	θ_1	8,8	-1	1,6	-5	-4,4
Peso 2	0,6	0,6	1	0,6	0,4	θ_2	12	-1,8	1,4	-6,2	-5,4
Peso 3	0,4	0,6	0,9	0,6	0,2	θ_3	10,4	-1,6	1,8	-5,6	-5

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao final de sua aplicação, a hierarquização criada a partir da utilização do método PROMETHEE II permitiu a ordenação dos resíduos de acordo com a preferência, com o auxílio de um profissional da área da construção civil, considerando-se aspectos ambientais, sociais e econômicos, conforme Quadro 13. A hierarquização encontrada a partir da análise de sensibilidade confere maior consistência aos resultados encontrados anteriormente, uma vez que o entulho, a madeira e o gesso continuaram a ocupar a primeira, segunda e terceira posições, respectivamente, na urgência de necessidade de reciclagem. Com efeito, a aplicação do método, que aqui serviu para comprovar a tendência observada na prática, certamente pode servir como instrumento de previsão dos resíduos críticos para a logística reversa do RCC.

Quadro 13 – Ordenação das alternativas de acordo com a análise de sensibilidade

	Referência	Sensibilidade 1	Sensibilidade 2	Sensibilidade 3
Classe A (A₁)	1º	1º	1º	1º
Gesso (A₂)	3º	3º	3º	3º
Madeira (A₃)	2º	2º	2º	2º
Papel (A₄)	4º	5º	5º	5º
Plástico (A₅)	4º	4º	4º	4º

Fonte: Elaborado pela autora.

De fato, os resíduos classe A foram os mais citados pelos entrevistados na etapa 1 da pesquisa, tanto com relação à quantidade gerada quanto com relação à capacidade de aproveitamento. Ocupando a segunda posição, o gesso representa um problema significativo para a gestão de RCC da cidade de Fortaleza, em virtude do alto volume gerado, do potencial de contaminação dos recursos naturais e da falta de interesse ou mesmo tecnologias apropriadas para o seu tratamento, tendo sido discutido principalmente entre os proprietários de usinas e aterros. Em concordância com os resultados da hierarquização, a madeira, que ocupou a terceira colocação, já tem recebido a atenção das usinas de reciclagem devido ao volume gerado e ao seu potencial calorífico, bastante explorado em caldeiras de fábricas, como detalhado na seção 4.1.1.3.

O papel e o plástico, que obtiveram graus de importância semelhantes, com leve prevalência do tratamento do plástico em comparação com o papel, apresentaram menor destaque ao longo da pesquisa. Esse fato justifica a ocupação dos resíduos nas últimas posições da hierarquia apresentada, em virtude do baixo volume gerado, da facilidade de reciclagem e do pequeno impacto ambiental causado.

5 CONCLUSÃO

A busca pela compreensão da logística reversa do RCC na cidade de Fortaleza provou ser de grande valia para a ICC. Cada estágio do estudo – contexto da geração e dos prejuízos do RCC mundo afora, revisão de temas envolvendo sustentabilidade e construção civil e hierarquização com auxílio do AMD – forneceu subsídios necessários para o alcance das metas definidas. A sequência dos objetivos traçados inicialmente foi construída com a função de agregar progressivamente informações necessárias para seções seguintes. A caracterização dos atores levou ao conhecimento das etapas da logística reversa e dos principais resíduos gerados, tornando possível tanto a identificação dos entraves dessa gestão como a hierarquização do RCC. As duas etapas em que a pesquisa foi dividida - análise das atividades individuais e coletivas na logística reversa do RCC e a hierarquização – se complementaram, trazendo informações vindas de fontes distintas, porém com visões convergentes sobre o assunto.

A primeira etapa da pesquisa provou a necessidade do estudo da cadeia reversa do RCC – em que se incluem seus atores, funções desempenhadas e encadeamento de suas atividades – para propor soluções adequadas para os entraves listados pelos seus participantes. Essa necessidade se deve, em grande parte, à interdependência dos atores da cadeia, que acaba transmitindo as consequências positivas ou negativas de uma ação para os demais participantes, como aumento de preços, menor aproveitamento dos resíduos, menor produção de produtos reciclados ou oferta de materiais reciclados de qualidade inferior, maior ocupação e conseqüente diminuição da vida útil dos aterros, entre outras.

Por meio da análise do fluxo dos processos envolvidos na geração de RCC, verificou-se que incentivos financeiros como redução de impostos para os produtores e compradores de produtos reciclados, desde que este seja economicamente viável e que não comprometa a qualidade dos serviços, se fazem necessários. Quanto ao cumprimento de normas ambientais, ao que parece, a economia conquistada com as práticas ilícitas ainda parece compensar as multas aplicadas pelo órgão fiscalizador. Percebe-se a necessidade de maior severidade na imposição de sanções aos responsáveis pelo seu descumprimento e o estabelecimento de um plano de metas ambientais que estimule a prestação de contas por parte do governo local. Aliado a isso, políticas envolvendo a conscientização e o marketing, a normatização de condutas sustentáveis – como a substituição da discricionariedade para a obrigatoriedade da segregação de RCC na fonte, presente na Resolução nº 307 do CONAMA; a subdivisão das classes de RCC, que possa facilitar a destinação dos resíduos, como já tem

sido praticado pelos órgãos da Prefeitura; e a obrigatoriedade do consumo mínimo de produtos reciclados – e o investimento em pesquisas para viabilizarem o reaproveitamento do RCC constituem medidas capazes de mitigar os impactos negativos dos entraves citados nos resultados.

Os métodos de quantificação dos resíduos, como o sistema eletrônico Coletas Online, também representam instrumentos de auxílio para as fontes geradoras e para os responsáveis pela fiscalização. Esse tipo de ferramenta auxilia tanto na estimativa de volumes produzidos – capazes de facilitar a tomadas de decisões quanto a planos de ação de minimização, segregação, acondicionamento, transporte e destino final do material – quanto na verificação, por parte das autoridades, do que foi estimado e do que tem sido transportado para o destino final. Além disso, a sistematização de dados sobre a geração real de resíduos por obra, por meio do levantamento dos volumes de saída das construtoras e de entrada nas usinas e cooperativas de reciclagem e nos aterros, facilitaria o controle e a investigação de possíveis desvios dos resíduos para destinações irregulares.

Ademais, as duas fases da pesquisa também permitiram o levantamento dos resíduos com maior necessidade de reaproveitamento por meio de metodologias diferentes. Com relação à primeira etapa da metodologia, a aplicação de entrevistas a transportadores, construtora, destinos finais e órgão público possibilitou o conhecimento dos resíduos gerados, bem como dos primeiramente reaproveitados nos pontos de reciclagem; das ações tomadas para redução de desperdícios ainda dentro de campo; e das formas de tratamento e reinserção do produto reciclado na cadeia de produção da construção.

A segunda etapa serviu para reiterar os resultados obtidos na primeira, ao apontar os resíduos com maior necessidade de reaproveitamento, considerando-se critérios de natureza ambiental, econômica e social. A aplicação do método de priorização foi relevante por visualizar não somente a ordenação imparcial e transparente do RCC, como também todas as propriedades de superação de cada alternativa pelas matrizes apresentadas, criando a possibilidade de previsão dos resíduos com maior urgência de tratamento sem a necessidade de constante acompanhamento de profissionais da área. Assim como demonstrado na etapa 1 da pesquisa, conclui-se que existe preferência pelo tratamento do entulho, prioritariamente, seguido da madeira e do gesso, em detrimento dos materiais plásticos e papéis. Vale ressaltar que, principalmente com relação ao entulho, técnicas de reaproveitamento já são bastante populares. A madeira também tem ganhado espaço na utilização como biomassa utilizada em

fábricas. No entanto, o gesso ainda não despertou tanto o interesse por pesquisas de reaproveitamento e não dispõe de tantas técnicas ou empresas especializadas na região.

Dessa forma, conclui-se que os objetivos de analisar a cadeia de geração de resíduos na cidade de Fortaleza sob perspectiva sustentável, propor melhorias para o processo de logística reversa e hierarquizar o RCC por meio do uso do método PROMETHEE foram atingidos. Para pesquisas futuras, sugere-se a busca por uma maior quantidade de *stakeholders*, como outras empresas, órgão de fiscalização, cooperativas de reciclagem, entre outros, que possam ratificar e agregar mais informações sobre a logística reversa. A criação de indicadores locais também seria útil para a previsão da composição média do RCC gerado em campo, o que facilitaria a tomada de decisões paliativas e preventivas de gestão. O levantamento da legislação internacional acerca do assunto, para fins de comparação com a legislação local, também são úteis para o desenvolvimento de práticas eficientes. A hierarquização desenvolvida pode ser aprimorada na medida em que são incluídas perspectivas de um maior número de profissionais de diferentes áreas, que a tornem mais completa, abrangente e aceitável.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABRECON. **Relatório Pesquisa Setorial 2014/2015: A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Paulo, 2015. Disponível em: < <https://bit.ly/2sj5Hh5> >. Acesso em: 10 jan. 2018.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014**. São Paulo, 2014. Disponível em: < <https://bit.ly/2D3F2Lz> >. Acesso em: 16 mar. 2018.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015**. São Paulo, 2015. Disponível em: < <https://goo.gl/nQFEcX> >. Acesso em: 20 mar. 2018.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016**. São Paulo, 2016. Disponível em: < <https://goo.gl/rRD1PK> >. Acesso em: 30 mar. 2018.
- AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. Alternativas para a redução de desperdícios de materiais nos canteiros de obras. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil - PCC-EPUSP, 1998.
- AKBARNEZHAD, A.; ONG, K. C. G.; CHANDRA, L. R. Economic and environmental assessment of deconstruction strategies using building information modeling. **Automation in Construction**, v. 37, p. 131–144, 2014.
- ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2000.
- ARIF, M.; BENDI, D.; TOMA-SABBAGH, T.; SUTRISNA, M. Construction waste management in India: an exploratory study. **Construction Innovation**, v. 12, n. 2, p. 133–155, 2012.
- ASHOKKUMAR, V.; VARGHESE, P. S. BIM based 3D Model for Construction Waste Quantification. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 5, n. 5, p. 3069–3076, 2018.
- BALLOU, R. H. **Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 1993.
- BANIAS, G.; ACHILLAS, C.; VLACHOKOSTAS, C.; MOUSSIOPOULOS, N.; PAPAIOANNOU, I. A web-based Decision Support System for the optimal management of construction and demolition waste. **Waste Management**, v. 31, n. 12, p. 2497–2502, 2011.
- BAPTISTA JUNIOR, J. V.; ROMANEL, C. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **URBE - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 5, n. 480, p. 27, 2013.

- BEHZADIAN, M.; KHANMOHAMMADI, S. O.; YAZDANI, M.; IGNATIUS, J. A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 17, p. 13051–13069, 2012.
- BLENGINI, G. A. Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: A case study in Turin, Italy. **Building and Environment**, v. 44, n. 2, p. 319–330, 2009.
- BOHNENBERGER, J. C. et al. Identificação de áreas para implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição com uso de análise multicritério. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 299–311, 2018.
- BOSSINK, B. A. G.; BROUWERS, H. J. H. Construction Waste: Quantification and Source Evaluation. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 122, n. 1, p. 55–60, 1996.
- BOUTKHOUM, O.; HANINE, M.; BOUKHRISS, H.; AGOUTI, T.; TIKNIOUINE, A. Multi-criteria decision support framework for sustainable implementation of effective green supply chain management practices. **SpringerPlus**, v. 5, n. 1, p. 664, 2016.
- BRANS, J.P.; MARESCHAL, B. **Promethee Methods. In: Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. Nova Iorque: Springer New York, 2005. p. 163–186.
- BRANS, J. P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: The Promethee method. **European Journal of Operational Research**, v. 24, n. 2, p. 228–238, 1986.
- BRASIL. Resolução do CONAMA n° 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2002.
- BRASIL. Lei Federal n° 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2010a.
- BRASIL. Decreto Federal n° 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 2010b.
- CABRAL, A. E. B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- CAMPOS, V. R. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento**. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Área de Concentração em Economia, Organizações e Gestão de Conhecimento) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.

CBIC. **PIB Brasil e Construção Civil**. Disponível em: <<https://goo.gl/fC6vWL>>. Acesso em: 21 dez. 2018.

CEARÁ. Lei Estadual nº 13.103, de 24 de janeiro de 2001. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**. Fortaleza, 2001.

CEARÁ. Decreto Estadual nº 26.604, de 16 de maio de 2002. **Diário Oficial do Estado**. Fortaleza, 2002.

CHILESHE, N.; RAMEEZDEEN, R.; HOSSEINI, M. R.; LEHMANN, S. Barriers to implementing reverse logistics in South Australian construction organisations. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 20, n. 2, p. 179–204, 2015.

CHILESHE, N. et al. Analysis of reverse logistics implementation practices by South Australian construction organisations. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 36, n. 3, p. 332–356, 2016.

CHILESHE, N.; RAMEEZDEEN, R.; HOSSEINI, M. R. Drivers for adopting reverse logistics in the construction industry: a qualitative study. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 23, n. 2, p. 134–157, 2016.

CHINDA, T. Examination of Factors Influencing the Successful Implementation of Reverse Logistics in the Construction Industry: Pilot Study. **Procedia Engineering**, v. 182, p. 99–105, 2017.

CHIOU, C. Y.; CHEN, H. C.; YU, C. T.; YEH, C. Y. Consideration Factors of Reverse Logistics Implementation -A Case Study of Taiwan's Electronics Industry. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 40, n. 0, p. 375–381, 2012.

COCHRAN, K. M.; TOWNSEND, T. G. Estimating construction and demolition debris generation using a materials flow analysis approach. **Waste Management**, v. 30, n. 11, p. 2247–2254, 2010.

COELHO, A.; DE BRITO, J. Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal - Part I: Location, materials, technology and economic analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, p. 338–352, 2013.

CONTRERAS, M. et al. Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-study). **Construction and Building Materials**, v. 123, p. 594–600, 2016.

COSTA, C. A. B. Três convicções fundamentais na prática do Apoio à Decisão. **Revista Pesquisa Operacional**, v. 13, n. 1, 1993.

CSCMP. Supply chain management terms and glossary. **Council of Supply Chain Management Professionals**, 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/2DWAwwA>>. Acesso em: 21 dez. 2018.

D'ALOIA, L. G. P. **Avaliação multicritério de cenários em gerenciamento de resíduos**

sólidos urbanos. Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

DOLAN, P. J.; LAMPO, R. G.; DEARBORN, J. C. Concepts for Reuse and Recycling of Construction and Demolition Waste. **US Army Corps of Engineers**, p. 1–137, 1999.

DURDYEV, S. et al. Sustainable construction industry in Cambodia: Awareness, drivers and barriers. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 2, p. 1–19, 2018.

EPA. **European Waste Catalogue and Hazardous Waste List**. Wexford: Environmental Protection Agency, 2002.

FIGUEIRA, J.; MOUSSEAU, V.; ROY, B. ELECTRE Methods. In: **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. Nova Iorque: Springer New York, 2005. p. 1–35.

FIGUEIRA, J. R.; GRECO, S.; ROY, B.; SLOWINSKI, R. An overview of ELECTRE methods and their extensions. **Journal of MultiCriteria Decision Analysis**, v. 110, p. 61–85, 2013.

FIGUEIRA, J.; ROY, B. Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure. **European Journal of Operational Research**, v. 139, n. 2, p. 317–326, 2002.

FLEISCHMANN, M. et al. Quantitative models for reverse logistics: A review. **European Journal of Operational Research**, v. 103, n. 1, p. 1–17, 1997.

FLEISCHMANN, M.; KRIKKE, H. R.; DEKKER, R.; FLAPPER, S. D. P. A characterisation of logistics networks for product recovery. **Omega**, v. 28, n. 6, p. 653–666, 2000.

FORTALEZA. Lei Municipal nº 8.408, de 24 de dezembro de 1999. Estabelece normas de responsabilidade sobre a manipulação de resíduos produzidos em grande quantidade, ou de naturezas específicas, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**. Fortaleza, 1999.

FORTALEZA. Decreto Municipal nº 10.696, de 2 de fevereiro de 2000. **Diário Oficial do Município**. Fortaleza, 2000.

FORTALEZA. Portaria SEMAM nº 06, de 03 de setembro de 2004. Estabelece que toda obra de construção civil só poderá ser licenciada pela SEMAM, mediante aprovação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, no Município de Fortaleza. **Diário Oficial do Município**. Fortaleza, 2004.

FORTALEZA. Portaria SEMAM nº 48, de 31 de maio de 2011. Estabelece que todos os procedimentos construtivos da indústria da construção civil [...] deverão implementar o sistema de logística reversa para esses resíduos, segregando-os na origem, por classe, nos termos da Res. CONAMA nº 307 e destinado-os a usinas de reciclagem. **Diário Oficial do Município**. Fortaleza, 2011.

FORTALEZA. Lei Municipal nº 10.304, de 28 de abril de 2015. Altera os arts. 1º ao 33 da Lei nº 8.408, de 24 de dezembro de 1999, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**. Fortaleza, 2015a.

FORTALEZA. Decreto Municipal nº 13.577, de 05 de maio de 2015. Altera dispositivos do Decreto nº 10.696, de 02 de fevereiro de 2000, que regulamentou a Lei nº 8.408 de 24 de dezembro de 1999, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**. Fortaleza, 2015b.

GÁLVEZ-MARTOS, J. L.; STYLES, D.; SCHOENBERGER, H.; ZESCHMAR-LAHL, B. Construction and demolition waste best management practice in Europe. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 136, n. April, p. 166–178, 2018.

GCP. **Global construction 2030 - A global forecast for the construction industry to 2030**. Londres: Global Construction Perspectives and Oxford Economics, 2015.

GOMES, C. F. S. et al. Multicriteria decision making applied to waste recycling in Brazil. **Omega**, v. 36, n. 3, p. 395–404, 2008.

GOMES, L. F. A. M. Teoria da decisão. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos de apoio à decisão**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Proposta de regionalização para a gestão integrada de resíduos sólidos do estado do Ceará**. Fortaleza, 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/fRjHRe>>. Acesso em: 11 jan. 2019.

GORGOLEWSKI, M. Designing with reused building components: Some challenges. **Building Research and Information**, v. 36, n. 2, p. 175–188, 2008.

GUARNIERI, P.; SOBREIRO, V. A.; NAGANO, M. S.; SERRANO, A. L. M. The challenge of selecting and evaluating third-party reverse logistics providers in a multicriteria perspective: A Brazilian case. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 209–219, 2015.

HOSSEINI, M. R.; CHILESHE, N.; RAMEEZDEEN, R.; LEHMANN, S. Reverse logistics in the construction industry. **Waste Management & Research**, v. 33, n. 6, p. 499–514, 2015.

HUANG, I. B.; KEISLER, J.; LINKOV, I. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 19, p. 3578–3594, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**, 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/5crur7>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama**, 2017. Disponível em:

<<https://goo.gl/jxnM1W>>. Acesso em: 17 mar. 2018.

JOHN, V. M. **Reciclagem de Resíduos na Construção Civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2000.

JOHN, V. M. Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção**, p. 27–45, 2001.

KAZMIERCZAK, C. D. S. KULAKOWSKI, M. P.; BOITO, D.; GARCIA, A. C. A. **Estudo comparativo da geração de resíduos de construção e demolição em São Leopoldo e Novo Hamburgo - RS**. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais...** Florianópolis - SC: 2006

KIKER, G. A. et al. Application of Multicriteria Decision Analysis in Environmental Decision Making. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 1, n. 2, p. 95, 2005.

KRUMWIEDE, D. W.; SHEU, C. A model for reverse logistics entry by third-party providers. **Omega**, v. 30, n. 5, p. 325–333, 2002.

LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C.; PAGH, J. D. Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities. **The International Journal of Logistics Management**, v. 9, n. 2, p. 19, 1998.

LAU, H. H.; WHYTE, A. A.; LAW, P. L. Composition and characteristics of construction waste generated by residential housing project. **International Journal of Environmental Research**, v. 2, n. 3, p. 261–268, 2008.

LEAL, D. A.; ANGELIM, V. L.; BARROS NETO, J. DE P. **Logística reversa aplicada à construção civil: uma revisão sistemática da literatura**. Sustentabilidade na Construção. **Anais...** Porto, Portugal: Construção 2018, 2018

LEIGH, N. G.; PATTERSON, L. M. Deconstructing to Redevelop: A Sustainable Alternative to Mechanical Demolition: The Economics of Density Development Finance and Pro Formas. **Journal of the American Planning Association**, v. 72, n. 2, p. 217–225, 2006.

LEITE, P. R. **Logística Reversa**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

LOCKREY, S.; NGUYEN, H.; CROSSIN, E.; VERGHESE, K. Recycling the construction and demolition waste in Vietnam: opportunities and challenges in practice. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 757–766, 2016.

LOVE, P. E. D.; IRANI, Z.; EDWARDS, D. J. A seamless supply chain management model for construction. **Management: An International Journal**, n. 9, p. 43–56, 2004.

LU, W. et al. An empirical investigation of construction and demolition waste generation rates in Shenzhen city, South China. **Waste Management**, v. 31, n. 4, p. 680–687, 2011.

MAJUMDER, M. Multi Criteria Decision Making. In: **Impact of Urbanization on Water Shortage in Face of Climatic Aberrations**. Singapura: Springer Singapore, 2015. p. 35–47.

MÁLIA, M.; DE BRITO, J.; PINHEIRO, M.D.; BRAVO, M. Construction and demolition waste indicators. **Waste Management & Research**, v. 31, n. 3, p. 241–255, 2013.

MANOWONG, E. Investigating factors influencing construction waste management efforts in developing countries: an experience from Thailand. **Waste Management & Research**, v. 30, n. 1, p. 56–71, 2012.

MATHIYAZHAGAN, K.; HAQ, A. N. Analysis of the influential pressures for green supply chain management adoption-an Indian perspective using interpretive structural modeling. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 68, n. 1–4, p. 817–833, 2013.

MIRANDA, L. F. R. et al. Panorama atual do setor de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil. **XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, p. 21, 2016.

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, E. D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 1, p. 57–71, 2009.

MOKHTAR, S. N. et al. Factors that Contribute to the Generation of Construction Waste at Sites. **Advanced Materials Research**, v. 163–167, p. 4501–4507, 2011.

MOUSSEAU, V.; FIGUEIRA, J.; NAUX, J. P. Using assignment examples to infer weights for ELECTRE TRI method: Some experimental results. **European Journal of Operational Research**, v. 130, n. 2, p. 263–275, 2001.

MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R. Inferring an ELECTRE TRI Model from Assignment Examples. **Journal of Global Optimization**, v. 12, n. 2, p. 157–174, 1998.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

NAHMENS, I. From lean to green construction: a natural extension. **Construction Research Congress**, p. 1058–1067, 2009.

NASIR, M. H. A. et al. Comparing linear and circular supply chains: A case study from the construction industry. **International Journal of Production Economics**, v. 183, p. 443–457, 2017.

NETRO, Z. G. C.; ÁLVAREZ, J. E. M.; CARRILLO, A. C.; FLORES, R. G. Solid waste management in Mexico's offshore platform construction: determining potential supply for a reverse logistics process. **NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking**, v. 17, n. 1, p. 71–94, 2016.

NUNES, K. R. A.; MAHLER, C. R.; VALLE, R. A. Reverse logistics in the Brazilian

construction industry. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 12, p. 3717–3720, 2009.

OGUNBIYI, O.; GOULDING, J. S.; OLADAPO, A. An empirical study of the impact of lean construction techniques on sustainable construction in the UK. **Construction Innovation**, v. 14, n. 1, p. 88–107, 2014.

OLIVEIRA, L. R.; MEDEIROS, R. M.; TERRA, P. B.; QUELHAS, O. L. G. Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações. **Production**, v. 22, n. 1, p. 70–82, 2012.

OLIVEIRA, M. E. D.; SALES, R. J. M.; OLIVEIRA, L. A. S.; CABRAL, A. E. B. Diagnóstico da geração e composição de RCD em Fortaleza. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 219–224, 2011.

OPOKU, A.; AHMED, V.; CRUICKSHANK, H. Leadership style of sustainability professionals in the UK construction industry. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 5, n. 2, p. 184–201, 2015.

PASCHOALIN FILHO, J. A. P.; BEZERRA, P. R. L.; DE OLIVEIRA, L. R. G. J.; DE FARIA, A. C. Gerenciamento de resíduos de construção civil em edifícios residenciais no município de São Paulo. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 73–89, 2017.

PEARCE, D. Is the construction sector sustainable?: Definitions and reflections. **Building Research and Information**, v. 34, n. 3, p. 201–207, 2006.

PEREIRA, A. L.; BOECHAT, C. B.; TADEU, H. F. B.; SILVA, J. T. M.; CAMPOS, P. M. S. **Logística reversa e sustentabilidade**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

PERO, M.; MORETTO, A.; BOTTANI, E.; BIGLIARDI, B. Environmental Collaboration for Sustainability in the Construction Industry: An Exploratory Study in Italy. **Sustainability**, v. 9, n. 1, p. 125, 2017.

PIETZSCH, N.; RIBEIRO, J. L. D.; DE MEDEIROS, J. F. Benefits, challenges and critical factors of success for Zero Waste: A systematic literature review. **Waste Management**, v. 67, p. 324–353, 2017.

POCHAMPALLY, K. K.; GUPTA, S. M. A Multiphase Fuzzy Logic Approach to Strategic Planning of a Reverse Supply Chain Network. **Electronics Packaging Manufacturing, IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing**, v. 31, n. 1, p. 72–82, 2008.

PREFEITURA DE FORTALEZA. **Relatório da Geração de Resíduos da Construção Civil em Fortaleza**. Disponível em: <<https://goo.gl/CdfRVK>>. Acesso em: 13 jan. 2019.

PREFEITURA DE FORTALEZA. **Relação de transportadores licenciados e credenciados atualizada em 23.10.2018**. Disponível em: <<https://goo.gl/a6iBHB>>. Acesso em: 26 nov. 2018a.

PREFEITURA DE FORTALEZA. **Ecopontos**. Disponível em: <<https://goo.gl/uPQkXu>>.

Acesso em: 26 out. 2018b.

RAJAGOPALAN, N.; KELLEY, S. S. Evaluating sustainability of buildings using multi-attribute decision tools. **Forest Products Journal**, v. 67, n. 3/4, p. 179–189, 2017.

REZAEI, J. A systematic review of multi-criteria decision-making applications in reverse logistics. **Transportation Research Procedia**, v. 10, n. July, p. 766–776, 2015.

ROBINSON, G. **Global construction 2030 – A global forecast for the construction industry to 2030**. Londres: Oxford Economics, v. 44, 2015.

ROY, B. The European School of MCDA : Emergence, Basic Features and Current Works. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 5, p. 22–38, 1996.

RUPARATHNA, R.; HEWAGE, K. Sustainable procurement in the Canadian construction industry: Current practices, drivers and opportunities. **Journal of Cleaner Production**, v. 109, p. 305–314, 2015.

SAIEG, P.; SOTELINO, E. D.; NASCIMENTO, D.; CAIADO, R. G. G. Interactions of Building Information Modeling, Lean and Sustainability on the Architectural, Engineering and Construction industry: A systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 788–806, 2018.

SALGADO, M. S.; CHATELET, A.; FERNANDEZ, P. Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 4, p. 81–99, 2012.

SCHULTMANN, F.; SUNKE, N. Organisation of reverse logistics tasks in the construction industry. **International Conference on Sustainable Building Central Europe SB08**, n. 1997, p. 457–464, 2007.

SENTHIL, S.; SRIRANGACHARYULU, B.; RAMESH, A. A robust hybrid multi-criteria decision making methodology for contractor evaluation and selection in third-party reverse logistics. **Expert Systems with Applications**, v. 41, n. 1, p. 50–58, 2014.

SHEN, L. Y.; TAM, V. W. Y.; TAM, C. M.; DREW, D. Mapping Approach for Examining Waste Management on Construction Sites. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 130, n. 4, p. 472–481, 2004.

SHI, Q. et al. Identifying the critical factors for green construction - An empirical study in China. **Habitat International**, v. 40, p. 1–8, 2013.

SILVA, V. B. S.; SCHRAMM, F.; CARVALHO, H. R. C. O uso do método PROMETHEE para a seleção de candidatos à bolsa-formação do Pronatec. **Produção**, v. 24, n. 3, p. 548-558, 2014.

SILVEIRA, G. T. R. **Metodologia de caracterização dos resíduos sólidos, como base para uma gestão ambiental: estudo de caso: entulhos de construção civil em Campinas-SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Campinas, Campinas, 1993.

- SKINNER, J. H. International progress in solid waste management. In: **Environmental aspects of construction with waste materials**. 1 ed. Amsterdã: Elsevier Science B. V., 1994. p. 7–16.
- SOBOTKA, A.; CZAJA, J. Analysis of the Factors Stimulating and Conditioning Application of Reverse Logistics in Construction. **Procedia Engineering**, v. 122, p. 11–18, 2015.
- SOBOTKA, A.; SAGAN, J. Cost-saving Environmental Activities on Construction Site - Cost Efficiency of Waste Management: Case Study. **Procedia Engineering**, v. 161, p. 388–393, 2016.
- SRIVASTAVA, S. K. Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. **International Journal of Management Reviews**, v. 9, n. 1, p. 53–80, 2007.
- SUNDARAKANI, B. et al. Modeling carbon footprints across the supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 128, n. 1, p. 43–50, 2010.
- SWANEPOEL, T.; HEATHER-CLARK, S. Waste Management and Classification. In: **Environmental Resources Management**. Gamsberg: Black Mountain Mining (Pty) Ltd, p. 1–17, 2013.
- SZAJUBOK, N. K. **Classificação de estoques na construção civil com apoio do método multicritério Electre TRI**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- SZAJUBOK, N. K.; MOTA, C. M. DE M.; ALMEIDA, A. T. Uso do método multicritério Electre Tri para classificação de estoques na Construção Civil. **Pesquisa Operacional**, v. 26, n. 3, p. 625–648, 2006.
- TAN, Y.; SHEN, L.; YAO, H. Sustainable construction practice and contractors' competitiveness: A preliminary study. **Habitat International**, v. 35, n. 2, p. 225–230, 2011.
- TEO, M.; LOOSEMORE, M. Changing the Environmental Culture of the Construction Industry. **Construction Research Congress**, n. 02, p. 1–8, 2004.
- TEZEL, A.; NIELSEN, Y. Lean Construction Conformance among Construction Contractors in Turkey. **Journal of Management in Engineering**, v. 29, n. 3, p. 236–250, 2013.
- TIBBEN-LEMBKE, R. S. Life after death: reverse logistics and the product life cycle. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, n. 32, p. 223–244, 2002.
- TRADING ECONOMICS. **GDP from Construction**, 2018. Disponível em: <<https://goo.gl/gBAW5w>>. Acesso em: 17 abr. 2018.
- TSOULFAS, G. T.; PAPPIS, C. P. A model for supply chains environmental performance analysis and decision making. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 15, p. 1647–1657, 2008.

ULSEN, C.; KAHN, H.; ANGULO, S. C.; JOHN, V. M. Composição química de agregados mistos de resíduos de construção e demolição do Estado de São Paulo. **Revista Escola de Minas**, v. 63, n. 2, p. 339–346, 2010.

VAHABZADEH, A. H.; YUSUFF, R. B. M. A Content Analysis in Reverse Logistics: A review. **Journal of Statistics and Management Systems**, v. 18, n. 4, p. 329–379, 2015.

VELASQUEZ, M.; HESTER, P. T. An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods. **International Journal of Operations Research**, v. 10, n. 2, p. 56–66, 2013.

VIDALAKIS, C.; TOOKEY, J. E.; SOMMERVILLE, J. Demand uncertainty in construction supply chains: a discrete event simulation study. **Journal of the Operational Research Society**, v. 64, n. 8, p. 1194–1204, 2013.

VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. The four roles of supply chain management in construction. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 6, n. 3–4, p. 169–178, 2000.

WINDAPO, A.; OGUNSANMI, O. Construction sector views of sustainable building materials. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability**, v. 167, n. 2, p. 64–75, 2014.

WCED – World Commission on Environment and Development. **Our Common Future [Brundtland Report]**. 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>. Acesso em: 19 mar. 2019.

YEHEYIS, M. et al. An overview of construction and demolition waste management in Canada: A lifecycle analysis approach to sustainability. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 15, n. 1, p. 81–91, 2013.

ZAMBON, K. L.; CARNEIRO, A. A. F. M.; SILVA, A. N. R.; NEGRI, J. C. Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoelétricas utilizando SIG. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 2, p. 183–199, 2005.

ZHAO, W.; LEEFTINK, R. B.; ROTTER, V. S. Evaluation of the economic feasibility for the recycling of construction and demolition waste in China-The case of Chongqing. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 6, p. 377–389, 2010.

ZHAOXU, S.; MIN, H. Multi-criteria Decision Making Based on PROMETHEE Method. **International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering**, p. 416–418, 2010.

ZORDAN, S. E. **Metodologia de avaliação do potencial de reciclagem de resíduos**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2003.

APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA APLICADA AOS PARTICIPANTES DO PROCESSO DE LOGÍSTICA DO RCC

ENTREVISTA À CONSTRUTORA

1. Quais são os principais resíduos gerados pela construtora? Quais as fases de obra que mais geram resíduos?
2. Há quantos anos a empresa trabalha segregando os resíduos no canteiro? Como funciona a segregação dos resíduos dentro de campo?
3. A empresa compra materiais reciclados?
4. Como é feito o PGRS da empresa?
5. Há fiscalização da Prefeitura com relação à segregação? Qual é a punição para o não cumprimento desse requisito?
6. Quanto é pago para o transportador por contêiner de material misturado? E segregado?
7. Os transportadores e as usinas alegam que grande parte do problema de tratamento do RCC é responsabilidade das construtoras, que não segregam o resíduo na fonte, por exemplo. Quais são as principais dificuldades que impedem a segregação do material na fonte geradora?
8. Quais são os benefícios para que a construtora segregue os resíduos? Há incentivo governamental?
9. Sabe-se que o gesso tem alto potencial de contaminação do solo e água, além de não haver tratamento disponível na cidade? O que a construtora tem feito para sanar esse problema?

ENTREVISTA AO TRANSPORTADOR

1. Há quantos anos a empresa trabalha no ramo da coleta de resíduos?
2. Como é o processo de credenciamento da empresa?
3. Qual é o volume de resíduos transportado por mês pela empresa? Quais são os principais resíduos transportados?
4. Quanto é cobrado por contêiner de resíduos segregados? E por resíduo misturado?
5. Como funciona o processo de Coleta Online?
6. Quais são os destinos para onde vocês levam esse material (aterro, ATT, usina, AAI)?
7. Quanto é pago pela empresa de transporte para depósito de resíduos nas usinas?

8. Quais são as principais dificuldades com relação ao transporte de resíduos?
9. Quais as principais barreiras para o total reaproveitamento dos resíduos?
10. Sob a perspectiva da empresa de transporte, quais são as principais vantagens de a construtora segregar os resíduos na origem?
11. Há algum tipo de fiscalização da atividade da empresa? Há incentivo governamental para a atividade de empresas credenciadas?

ENTREVISTA À USINA

1. Que atividades são desempenhadas pela empresa?
2. Desde quando a empresa é licenciada e desempenha suas atividades?
3. Qual volume de material recebido diariamente/mensalmente pela empresa e quais são seus principais componentes (entulho, madeira, plástico, gesso, outros) ?
4. Qual é a capacidade de tratamento de resíduos da empresa? Qual é a quantidade, de fato, tratada?
5. Qual é a origem dos resíduos enviados para a usina (obras residenciais, industriais, estradas, outros)? Normalmente esses resíduos vêm segregados ou misturados?
6. Como é feito o descarte do material? Qual é o custo cobrado por tipo de resíduo?
7. O que é feito com os materiais que não são tratados na usina? Qual é a porcentagem de reaproveitamento dos resíduos descartados?
8. Para os resíduos tratados, existe alguma estimativa de custo de tratamento por unidade de resíduo produzida? Como esse custo é calculado?
9. Como funciona a produção e venda de materiais reciclados? Como é sua absorção por parte do mercado? Quais são seus principais compradores?
10. Considerando qualidade, resistência e preço de venda dos produtos reciclados, existe chance de real competitividade dos produtos reciclados com relação aos virgens? Existe algum incentivo governamental (ex.: redução de impostos) para que esses produtos sejam priorizados?
11. Há locais em Fortaleza para o tratamento de todos os tipos de materiais listados?
12. Quais são os principais entraves e necessidades para as empresas de reciclagem?

ENTREVISTA À SCSP

1. Qual é o papel da SCSP no processo de gerenciamento do RCC?
2. Como é feito o processo de credenciamento da empresa de transporte?
3. Desde quando o sistema Coletas Online é utilizado em Fortaleza? Como funciona? Como é feito o rastreamento dos veículos credenciados no sistema?
4. Existe problema de falta de qualificação por parte dos fiscais?
5. Quais são as diferenças práticas entre AAI, ATT e aterro sanitário?
6. Quais são as principais irregularidades com as quais a SCSP se depara com relação a geradores, transportadores e a destinos finais? Qual desses agentes é o principal culpado da ineficiência do gerenciamento dos RCC?
7. São utilizados indicadores para estimar a quantidade de RCC que deveria e que é gerada?
8. Quais são os principais entraves para o adequado gerenciamento de RCC na cidade de Fortaleza?
9. Quais são os principais entraves para o consumo de produtos reciclados? Qual é a influência da grande oferta de material virgem para a não utilização de materiais reciclados?
10. A aplicação de multas tem inibido a atuação irregular ou, financeiramente, ainda vale a pena sofrer a sanção em virtude do lucro decorrente das ações irregulares?

**ANEXO A – MODELO DE MTR EMITIDO PELO SISTEMA ELETRÔNICO
COLETAS ONLINE**

MTR - MANIFESTO DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS			
IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA			
Nome Fantasia:			
Razão Social:			
C.N.P.J.:			
Endereço:		Nº	Telefone:
Bairro:	Município	UF:	CEP:
IDENTIFICAÇÃO DO TRANSPORTE			
Nome da empresa de transporte:			
Endereço / Rua / Av.:			
CNPJ.:	Nº nota fiscal:	Nº da caçamba:	
Tipo de Veículo: () caçamba estacionária () caminhão		Placa do caminhão:	
Peso Líquido em tonelada ou Kg:		Quantidade de lâmpadas / pilhas / baterias:	
Data de saída da obra:	Hora da saída da obra:	Nº do Ticket:	
IDENTIFICAÇÃO DO DESTINO FINAL			
Nome da empresa de destinação final:			
Endereço / Rua / Av.:			
CNPJ.:		Nº nota fiscal:	
IDENTIFICAÇÃO DO RESÍDUOS (Descrição do resíduo)			
() Madeira () Metal () plástico () papel () entulho () areia de escavação () podaço			
() gesso () resto de demolição () químico () misturado (enviar para CTR Candeias no caso de Recife)			
() <u>Sacaria</u> () <u>EPI</u> () <u>Não Reciclável</u>			
Obs:			
CLASSIFICAÇÃO DO RESÍDUO (Segundo o CONAMA 307)			
() Classe A	() Classe B	() Classe C	() Classe D
<p>Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;</p> <p>Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;</p> <p>Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;</p> <p>Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.</p>			
Para os devidos fins, me responsabilizo pelas informações aqui contidas			CARIMBO DA OBRA/ALMOXARIFE
Local: _____, _____ de _____ de _____			
Nome em letra legível:			
Assinatura:			
Cargo:			
OBS.: A cobrança relativo a esta viagem, deverá ser efetuada pelo gerador do Resíduo.			

Fonte: Acervo da empresa.