



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

JAQUELINE MATA DE OLIVEIRA

**AÇÕES VOLTADAS À REDUÇÃO,
REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DE RESÍDUOS
NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**

Recife – Brasil 2022



**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

JAQUELINE MATA DE OLIVEIRA

**AÇÕES VOLTADAS À REDUÇÃO,
REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DE RESÍDUOS
NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Livre-Docente Alberto Casado Lordsleem Jr.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Universidade de Pernambuco

O48a Oliveira, Jaqueline Mata de
Ações voltadas à redução, reutilização e reciclagem de
resíduos na construção de edifícios. / Jaqueline Mata de
Oliveira. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2022.

158 f. il.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Jr.

Dissertação (Mestrado – Construção Civil) Universidade
de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2022.

1. Resíduos da Construção Civil. 2. Redução. 3.
Reutilização. 4. Reciclagem. I. Construção Civil –
Dissertação. II. Lordsleem Junior, Alberto Casado (orient.).
III. Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica,
Mestrado em Construção Civil. IV. Título.

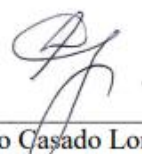
CDD: 690.028

JAQUELINE MATA DE OLIVEIRA

**AÇÕES VOLTADAS À REDUÇÃO,
REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DE RESÍDUOS NA
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**

BANCA EXAMINADORA

Orientador



Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior
Universidade de Pernambuco

Examinadores

Documento assinado digitalmente



ALEXANDRE DUARTE GUSMAO

Data: 27/10/2022 15:29:54-0300

Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Alexandre Duarte Gusmão
Universidade de Pernambuco

Documento assinado digitalmente



DEBORA DE GOIS SANTOS

Data: 27/10/2022 15:32:38-0300

Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dra. Débora de Gois Santos
Universidade Federal de Sergipe

Recife – Brasil 2022

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço aos meus pais Rubens Pinto de Oliveira e Flávia da Silva Mata de Oliveira, pelo apoio de sempre, amor, incentivo e por ter me ensinado a lutar e nunca desistir dos meus objetivos.

A meu marido Aluizio Jorge Bandeira Guerra, companheiro da vida, obrigado pelo apoio e incentivo nesta experiência inesquecível, e por estar ao meu lado na constante luta para evolução intelectual e profissional.

Ao Professor Alberto Casado Lordsleem Júnior, pela orientação e avaliação criteriosa, confiança, apoio e ensinamentos repassados durante todos estes anos, sendo imprescindível para a evolução científica do pesquisador e do trabalho.

Aos Professores Alexandre Duarte Gusmão e Débora de Gois Santos, pelas valiosas contribuições enriquecedoras na fase de qualificação desta pesquisa.

À Universidade de Pernambuco e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PEC-POLI) pela oportunidade do desenvolvimento deste trabalho, em especial a todos os professores e a Lúcia Rosani, pelo apoio e atenção ao longo dessa jornada.

RESUMO

A construção civil é apontada como uma das principais indústrias que mais ocasiona impactos e polui o meio ambiente, através da geração expressiva de resíduos. Os resíduos da construção civil (RCC), comumente chamados de entulhos, provocam grandes impactos ambientais quando não são geridos e destinados adequadamente. A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - ABRECON (2020) afirma que 70% dos RCC poderiam ter reaproveitamento, porém estima que o Brasil desperdice cerca de R\$ 8 bilhões ao ano por não reciclar materiais de construção; destacou ainda que grande parte dos municípios brasileiros ainda destinavam os RCC a locais irregulares e que apenas 16% dos RCC gerados são reciclados. Por isso, faz-se necessário à aplicação de práticas que visem reduzir, reutilizar e reciclar (3R's) os resíduos gerados na construção civil. Este trabalho tem como objetivo apresentar diretrizes de boas práticas na redução, reutilização e reciclagem dos RCC em canteiros de obras. O procedimento metodológico contemplou uma revisão sistemática de artigos científicos considerando as indicações do método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses). Contemplou ainda uma pesquisa de campo, com sete estudos de caso, sendo cinco obras localizadas na cidade do Recife e duas obras situadas na cidade de Caruaru, ambas no Estado de Pernambuco, nas quais se buscou investigar a gestão de resíduos nas obras e as ações de redução, reutilização e reciclagem realizadas nos canteiros de obras. Os resultados evidenciaram a identificação de ações de redução aplicadas à gestão de serviços, materiais e equipamentos utilizados na execução de obras e boas práticas de reutilização e reciclagem para os principais materiais de construção, como: concreto, madeira, plástico, gesso e metal; as mais importantes foram: utilização de materiais que diminuem a geração de resíduos como o aço cortado e dobrado e a argamassa estabilizada; utilização de sistemas construtivos inovadores como fachada ventilada, fôrmas metálicas incorporadas na fundação e colunas de compactação pela técnica terra-probe sem introdução de material; reutilização de resíduos de madeira na confecção de caixas para passagens pré-definidas para instalações durante a concretagem; reutilização de resíduos de concreto para nivelar o canteiro de obras; e destinação de resíduos a usinas de reciclagem de RCC que produzem agregados reciclados. Conclui-se, através dos resultados obtidos nos estudos de caso, que todas as obras analisadas elaboraram o PGRCC de acordo com as exigências da Resolução CONAMA nº 307/2002, como também realizaram importantes contribuições para a redução, reutilização e reciclagem de resíduos da construção civil. A principal contribuição deste trabalho consistiu em identificar e descrever diretrizes de boas práticas para uma melhor gestão dos resíduos da construção civil quanto aos 3R's, as que mais se destacaram foram: apresentação de medidas aplicadas no gerenciamento de serviços, materiais e resíduos nos canteiros de obras que reduzem a geração de resíduos, além do estudo de várias ações de reutilização e reciclagem aplicadas aos diversos RCC, que podem contribuir com a redução da carga ambiental destes materiais no meio ambiente.

Palavras-Chave: Resíduos; Redução; Reutilização; Reciclagem

ABSTRACT

Civil construction is identified as one of the main industries that causes the most impacts and pollutes the environment, through the expressive generation of waste. Civil construction waste (RCC), commonly called rubble, causes major environmental impacts when not properly managed and disposed of. The Brazilian Association for Civil Construction and Demolition Waste Recycling - ABRECON (2020) states that 70% of RCC could be reused, but estimates that Brazil wastes about R\$ 8 billion a year by not recycling construction materials; He also highlighted that most Brazilian municipalities still destined the RCC to irregular locations and that only 16% of the RCC generated are recycled. Therefore, it is necessary to apply practices that aim to reduce, reuse and recycle (3R's) the waste generated in civil construction. This paper aims to present good practice guidelines for the reduction, reuse and recycling of RCC on construction sites. The methodological procedure included a systematic review of scientific articles considering the indications of the PRISMA method (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses). It also included a field research, with seven case studies, with five works located in the city of Recife and two works located in the city of Caruaru, both in the State of Pernambuco, in which we sought to investigate waste management in the works and the actions reduction, reuse and recycling carried out at construction sites. The results showed the identification of reduction actions applied to the management of services, materials and equipment used in the execution of works and good practices of reuse and recycling for the main construction materials, such as: concrete, wood, plastic, plaster and metal; the most important were: use of materials that reduce waste generation, such as cut and bent steel and stabilized mortar; use of innovative building systems such as a ventilated facade, metallic forms incorporated into the foundation and compaction columns using the earth-probe technique without introducing material; reuse of wood waste in the manufacture of boxes for pre-defined passages for installations during concreting; reuse of concrete waste to level the construction site; and disposal of waste to RCC recycling plants that produce recycled aggregates. It is concluded, through the results obtained in the case studies, that all the analyzed works elaborated the PGRCC according to the requirements of CONAMA Resolution n° 307/2002, as well as made important contributions to the reduction, reuse and recycling of construction waste civil. The main contribution of this work consisted of identifying and describing good practice guidelines for a better management of civil construction waste regarding the 3R's, the ones that stood out the most were: presentation of measures applied in the management of services, materials and waste at construction sites that reduce the generation of waste, in addition to the study of various reuse and recycling actions applied to the various RCC, which can contribute to the reduction of the environmental burden of these materials on the environment.

Key words: Waste; Reduction; Reuse; Recycling

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cadeia produtiva dos materiais da construção civil.	16
Figura 2 - Composição da cadeia produtiva da construção civil em 2019.	17
Figura 3 - Fluxograma evolutivo das principais leis federais, estaduais e municipais referentes ao gerenciamento de resíduos sólidos.	25
Figura 4 - Priorização na geração de resíduos sólidos.	26
Figura 5 - Plano integrado de gerenciamento de RCC.	27
Figura 6 - Definição dos 3R's na construção de edifícios.	29
Figura 7 - Origens dos RCC no Brasil (% da massa total).	30
Figura 8 - Origens dos RCC nos EUA (% da massa total).	30
Figura 9 - Fluxograma de elaboração do PGRCC.	33
Figura 10 - Código de cores para os diferentes tipos de resíduos.	35
Figura 11 - Alvenaria racionalizada de bloco cerâmico.	45
Figura 12 - Alvenaria racionalizada de bloco de concreto.	45
Figura 13 - Parede de concreto moldada in loco.	46
Figura 14 - Argamassa projetada.	46
Figura 15 - Funcionamento de fachada ventilada.	48
Figura 16 - Desenho esquemático da fachada ventilada.	48
Figura 17 - Detalhe e montagem de forma perdida em fundação.	49
Figura 18 - Cravação do tubo pelo método de terra-probe sem introdução de material.	50
Figura 19 - Construção de casa em painéis de chapas de aço galvanizado pré-pintadas preenchidas por poliisocianurato - PIR.	51
Figura 20 - Fachadas leves em Steel Frame.	51
Figura 21 - Vedação vertical em blocos de gesso.	51
Figura 22 - Aço entregue cortado e dobrado.	53
Figura 23 - Aço entregue cortado, dobrado e montado.	53
Figura 24 - Argamassa estabilizada.	55
Figura 25 - Entrega de argamassa estabilizada.	55
Figura 26 - Tijolo ecológico de Solo-cimento.	56
Figura 27 - Tijolo ecológico de resíduos plásticos.	56
Figura 28 - Tijolo ecológico de resíduos de pneu.	56
Figura 29 - Tijolo ecológico de resíduos de garrafa pet.	56
Figura 30 - Brita utilizado em sistemas drenantes.	57
Figura 31 - RCC utilizado em sistemas drenantes.	57
Figura 32 - Diferentes fases de um empreendimento e as perdas de materiais.	57
Figura 33 - Armazenamento de sacos de cimento.	59

Figura 34 - Armazenamento de materiais granulares.....	59
Figura 35 - Armazenamento de blocos para alvenaria	59
Figura 36 - Forma adequada de transporte horizontal de blocos com o auxílio de Porta Pallet.	60
Figura 37 - Forma adequada de transporte vertical de blocos com o auxílio de guinchos ou elevador de carga.	60
Figura 38 - Tubo coletor de resíduos na fachada.	61
Figura 39 - Tubo coletor de resíduos fixado no pavimento da edificação.	61
Figura 40 - Fluxograma do Processo de Destinação dos RCC.....	63
Figura 41 - Cadeia de Suprimento dos RCC.	64
Figura 42 - Caracterização da pesquisa sobre aplicação dos 3R's na redução de resíduos.....	75
Figura 43 - Fluxograma da seleção dos artigos.....	81
Figura 44 - Metodologia da pesquisa.	82
Figura 45 - Lixeiras de coleta seletiva.	86
Figura 46 - Baias fixas.	86
Figura 47 - Caçamba estacionária.	86
Figura 48 - Alvenaria racionalizada.	88
Figura 49 - Caixa elétrica de base redonda.	88
Figura 50 - blocos paletizados.....	89
Figura 51 - Tudo vertical para coleta de resíduos.	90
Figura 52 - Argamassa estabilizada.	90
Figura 53 - Jericas utilizadas no transporte de resíduos.....	94
Figura 54 - Carro de mão utilizado no transporte de resíduos.	94
Figura 55 - Aterro utilizando resíduos de concreto.....	95
Figura 56 - Passagens pré-definidas durante a etapa de concretagem.....	99
Figura 57 - Baias com sacos de cimento e argamassa para efetuar logística reversa.....	99
Figura 58 - Fachada ventilada em início de execução.....	99
Figura 59 - Cravação do tubo pelo método de terra-probe sem introdução de material.	103
Figura 60 - Compactação do terreno após o método de terra-probe sem introdução de material.	103
Figura 61 - Chegada de um elemento da fundação superficial do empreendimento, montada em galpão com o uso de fôrma incorporada.	104
Figura 62 - Baias fixas para resíduos de madeiras, químicos, plástico, papelão e resíduos contaminados.....	105
Figura 63 - Baia fixa para resíduos de madeira, papel contaminado e betume.	106
Figura 64 - Caçamba estacionária com resíduos classe A.....	106
Figura 65 - Alvenaria racionalizada com os blocos de canto para a confecção de pilares e bloco calha para a execução de vigas.	107
Figura 66 - Cobertura metálica.....	107

Figura 67 - Materiais pré-moldados para a construção dos muros das casas.....	108
Figura 68 - Materiais pré-moldados para a construção dos pilares das caixas d'água.....	108
Figura 69 - Estocagem dos materiais – Parte externa.....	109
Figura 70 - Almoxarifado – Parte interna.....	109
Figura 71 - Almoxarifado – Parte interna.....	109
Figura 72 - Bob-cats utilizado no transporte de materiais.....	110
Figura 73 - Gesso acartonado utilizado nas divisórias internas.....	112
Figura 74 - Utilização de tubulações em PEX (para água fria e quente e gás de cozinha.....	113
Figura 75 - Alvenaria racionalizada com blocos na vertical no local destinado a passagem das tubulações.....	117
Figura 76 - Chapas ecológicas de material reciclada utilizadas na confecção de fechamos de poço de elevador.....	118
Figura 77 - Indicadores de frequência (%) de conformidade dos itens de redução de resíduos.....	125
Figura 78 - Indicadores de frequência (%) de conformidade dos itens de reutilização de resíduos....	127
Figura 79 - Indicadores de frequência (%) de conformidade dos itens de reciclagem de resíduos.....	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Disposição final de RSU no Brasil e regiões, por tipo de destinação (t/ano e %).	17
Quadro 2 - Principais definições sobre o tema de gerenciamento de resíduos.....	28
Quadro 3 - Composição gravimétrica dos resíduos de construção civil das fases de estruturas, alvenaria, acabamento e demolição, na cidade do Recife.	30
Quadro 4 - Resíduos gerados de acordo com a fase de construção.....	34
Quadro 5 - Formas de acondicionamento relacionadas aos tipos de RCC.....	36
Quadro 6 - Tipos de Destinação Final dos RCC.	38
Quadro 7 - Disposições dos RCC de acordo com a classe a que pertencem.	39
Quadro 8 - Medidas de redução dos RCC.....	44
Quadro 9 - Medidas de reutilização dos RCC.	65
Quadro 10 - Medidas de reciclagem dos RCC.	69
Quadro 11 - Aplicação dos resíduos reciclados do concreto.....	70
Quadro 12 - Usos recomendados para agregados reciclados.	72
Quadro 13 - Indicadores médios de geração de RCC da Prefeitura da Cidade do Recife (PCR) e das obras pertencentes ao banco de resíduos do Recife.	77
Quadro 14 - Características das obras estudadas.....	78
Quadro 15 - Sintetização dos Dados do PGRCC.	120
Quadro 16 - Diretrizes para a implantação dos 3R's na construção de edifícios.	129
Quadro 17 - Plano de ação 5W2H.....	130
Quadro 18 - Plano de ação proposto para a aplicação dos 3R's na construção de edifícios considerando a ferramenta, 5W2H.	131

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTR	Controle de Transporte de Resíduos
NBR	Norma Brasileira
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
KPI	Key Performance Indicator
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
PIB	Produto Interno Bruto
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses
RCC	Resíduos da Construção Civil
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SINAT	Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais
WPPPC	Working Party Pollution Prevention and Control

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVA.....	18
1.2	OBJETIVOS.....	21
1.2.1	<i>Objetivo Geral.....</i>	<i>21</i>
1.2.2	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>21</i>
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2	RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	23
2.1	LEGISLAÇÕES, NORMAS E RESPONSABILIDADES	24
2.2	CONCEITOS E DEFINIÇÕES	27
2.3	ORIGENS E CAUSAS DA GERAÇÃO DOS RCC	29
2.4	GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	31
3	APLICAÇÃO DOS 3 R'S NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS.....	43
3.1	MEDIDAS PARA REDUÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS.....	44
3.1.1	<i>Medidas aplicadas na escolha de processos ou sistemas construtivos</i>	<i>45</i>
3.1.2	<i>Medidas aplicadas na escolha de materiais.....</i>	<i>52</i>
3.1.3	<i>Medidas aplicadas na produção de materiais no canteiro de obras.....</i>	<i>57</i>
3.1.4	<i>Medidas aplicadas no fluxo e estocagem de materiais</i>	<i>58</i>
3.1.5	<i>Medidas aplicadas no transporte de materiais no canteiro de obras</i>	<i>60</i>
3.1.6	<i>Medidas aplicadas no transporte de resíduos no canteiro de obras.....</i>	<i>61</i>
3.1.7	<i>Medidas aplicadas no gerenciamento dos resíduos.....</i>	<i>62</i>
3.2	MEDIDAS PARA A REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS	64
3.2.1	<i>Aplicação de resíduos reutilizados de solos, areias, argilas e rochas.....</i>	<i>65</i>
3.2.2	<i>Aplicação de resíduos reutilizados de blocos, placas cerâmicas e concreto.....</i>	<i>66</i>
3.2.3	<i>Aplicação de resíduos reutilizados de madeira.....</i>	<i>66</i>
3.2.4	<i>Aplicação de resíduos reutilizados de gesso</i>	<i>67</i>
3.2.5	<i>Aplicação de resíduos reutilizados de RCC, louças sanitárias, plástico e metais</i>	<i>67</i>
3.3	MEDIDAS PARA A RECICLAGEM DOS RESÍDUOS GERADOS	68
3.3.1	<i>Aplicação de resíduos reciclados de concreto</i>	<i>70</i>
3.3.2	<i>Aplicação de resíduos reciclados mistos.....</i>	<i>70</i>
3.3.3	<i>Aplicação de resíduos reciclados de cerâmica vermelha.....</i>	<i>71</i>
3.3.4	<i>Aplicação de resíduos reciclados de alvenaria.....</i>	<i>71</i>
3.3.5	<i>Aplicação de resíduos reciclados de agregados (areia, brita e brita corrida).....</i>	<i>71</i>
3.3.6	<i>Aplicação de resíduos reciclados de madeira.....</i>	<i>72</i>

3.3.7	<i>Aplicação de resíduos reciclados de vidro</i>	73
3.3.8	<i>Aplicação de resíduos reciclados de mármore e granito</i>	73
3.3.9	<i>Aplicação de resíduos reciclados de metais</i>	73
3.3.10	<i>Aplicação de resíduos reciclados de gesso</i>	73
4	METODOLOGIA	75
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	75
4.2	DELIMITAÇÃO DO UNIVERSO EM ESTUDO	76
4.2.1	<i>Escolha das obras estudadas</i>	76
4.2.2	<i>Escolha dos trabalhos – Método Prisma</i>	79
4.3	ETAPAS DA METODOLOGIA.....	81
4.3.1	<i>Pesquisa bibliográfica</i>	83
4.3.2	<i>Pesquisa preliminar</i>	83
4.3.3	<i>Pesquisa de campo</i>	84
4.3.4	<i>Pesquisa complementar</i>	84
4.3.5	<i>Análise dos resultados</i>	84
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	85
5.1	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	85
5.1.1	<i>OBRA A</i>	85
5.1.2	<i>OBRA B1</i>	92
5.1.3	<i>OBRA B2</i>	96
5.1.4	<i>OBRA C</i>	100
5.1.5	<i>OBRA D</i>	105
5.1.6	<i>OBRA E</i>	111
5.1.7	<i>OBRA F</i>	115
5.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS	119
5.2.1	<i>Análise do PGRCC</i>	119
5.2.2	<i>Análise das ações de redução</i>	121
5.2.3	<i>Análise das ações de reutilização</i>	126
5.2.4	<i>Análise das ações de reciclagem</i>	127
5.2.5	<i>Diretrizes e ações propostas</i>	129
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	138
6.1	CONCLUSÕES.....	138
6.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	140
	REFERÊNCIAS	141

APÊNDICES.....	148
APÊNDICE A: <i>CHECKLIST</i> PARA PESQUISA EXPLORATÓRIA.....	148
APÊNDICE B: COMPILAÇÃO DAS MEDIDAS DE APLICAÇÃO DOS 3R'S NAS OBRAS ESTUDADAS.	156
APÊNDICE C: CARTA DE SOLICITAÇÃO DE VISITA AS EMPRESAS CONSTRUTORAS	158

1 INTRODUÇÃO

A construção civil contribui significativamente para o crescimento econômico do país, gerando emprego, renda e comercialização de insumos, equipamentos e serviços em seu processo produtivo. De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (2019), estima-se que a indústria da construção civil seja responsável pela geração de 3,92 milhões de empregos, sendo um dos maiores setores empregadores da economia nacional e responsável por gerar aproximadamente 4,5% do PIB do Brasil. Mas, por outro lado é apontada como a indústria que mais ocasiona impactos e polui o meio ambiente, através do consumo de grande volume de matérias-primas naturais e pela geração de expressiva quantidade de resíduos sólidos (PASCHOALIN FILHO et al., 2017).

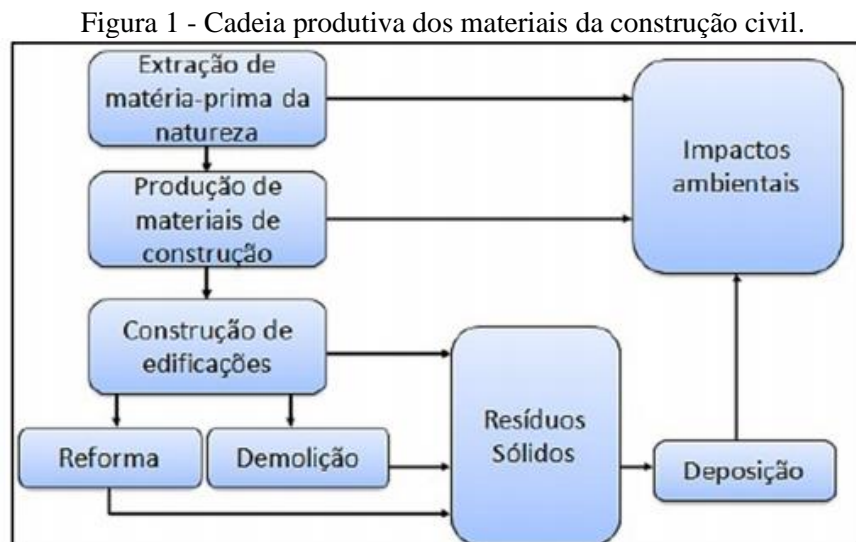
Segundo dados do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA (2016), a construção civil consome 40% de toda energia, extrai 30% dos materiais do meio natural, gera 25% dos resíduos sólidos, consome 25% da água, ocupa 12% das terras e estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas, no Brasil, sejam provenientes da construção.

A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - ABRECON (2020) afirma que de 70% dos RCC poderiam ter reaproveitamento, porém, estima que o Brasil desperdice cerca de R\$ 8 bilhões ao ano por não reciclar materiais de construção; destacou ainda que grande parte dos municípios brasileiros ainda destinavam os RCC a locais irregulares e que apenas 16% dos RCC gerados são reciclados. Esse valor reflete que os grandes gestores de construtoras e incorporadoras, além da própria sociedade, não aderiram de maneira significativa ao conceito de sustentabilidade, pois essa taxa de reciclagem é considerada baixa (ARAÚJO; MARTINS; FERREIRA, 2019).

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2021) para cada ser humano, são produzidos 500 quilos de resíduos, o que equivale a 3,5 milhões de toneladas por ano. Estes resíduos, de diferentes tipos e classificações, se dispostos de maneira inadequada devido à inexistência ou falta de obediência de políticas públicas que orientem e disciplinem a sua destinação no meio urbano, juntamente com o descompromisso dos geradores no manejo e, principalmente, na destinação dos resíduos, têm como consequências os impactos ambientais, como: a degradação das áreas de manancial e de

proteção permanente; contaminação do solo, da água e do ar; a proliferação de agentes transmissores de doenças; o assoreamento de rios e córregos; a obstrução dos sistemas de drenagem, tais como “piscinões”, galerias, sarjetas; a ocupação de vias e logradouros públicos por resíduos, com prejuízo à circulação de pessoas e veículos; a degradação da paisagem urbana; além da existência e acúmulo de resíduos que podem gerar risco por sua periculosidade, além da poluição visual (ABRELPE, 2021).

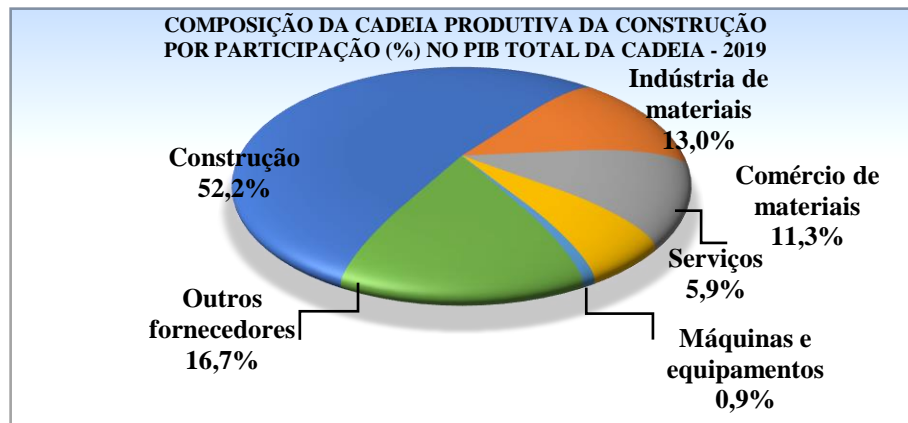
Os danos causados ao meio ambiente envolvem toda a cadeia produtiva da construção civil desde a ocupação de terras, a extração de matéria-prima, o transporte, o processo construtivo, os produtos, a geração e a disposição de resíduos sólidos (PASCHOALIN FILHO; DUARTE; FARIA, 2016). Os impactos ambientais da cadeia da construção civil são apresentados na Figura 1.



Fonte: Adaptado de Paschoalin Filho, Duarte e Faria (2016).

Observa-se na Figura 1 que em todas as etapas da cadeia produtiva são produzidos resíduos que podem se depositar na natureza e gerar impactos ambientais em todo o meio ambiente a sua volta, modificando ecossistemas, causando poluição e eutrofização de recursos hídricos. A cadeia produtiva da construção civil, engloba setores que vão desde a extração da matéria prima e consequente produção dos materiais, até a execução da construção em si (CBIC, 2019). Este macrocomplexo da indústria da construção civil, que representa a maior participação no PIB da cadeia da construção, é o principal gerador de resíduos da economia, conforme é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Composição da cadeia produtiva da construção civil em 2019.



Fonte: "Perfil da Cadeia Produtiva da Construção e da Indústria de Materiais e Equipamentos - 2019". ABRAMAT e FGV (CBIC, 2019).

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2021), a maior parte dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU coletados seguiu para disposição em aterros sanitários, com 46 milhões de toneladas enviadas para esses locais em 2020, superando a marca dos 60% dos resíduos coletados que tiveram destinação adequada no país. Por outro lado, áreas de disposição inadequada, incluindo lixões e aterros controlados, ainda estão em operação e receberam quase 40% do total de resíduos coletados (Quadro 1).

Quadro 1 - Disposição final de RSU no Brasil e regiões, por tipo de destinação (t/ano e %).

Região	Disposição adequada		Disposição inadequada	
	t/ano	%	t/ano	%
Norte	1.773.927	35,60%	3.209.013	64,40%
Nordeste	6.016.948	36,30%	10.558.666	63,70%
Centro-Oeste	2.456.849	42,50%	3.323.972	57,50%
Sudeste	29.542.830	73,40%	10.706.257	26,60%
Sul	6.011.894	70,80%	2.479.482	29,20%
Brasil	45.802.448	60,20%	30.277.390	39,80%

Fonte: ABRELPE (2021).

Em virtude da grande quantidade de resíduos oriundos na construção civil e seu impacto ao meio ambiente, esta atividade, nas últimas duas décadas, vem despertado a atenção de governantes e da sociedade, no que diz respeito à gestão dos RCC, decorrentes de políticas públicas adotadas, notadamente pela publicação e necessidade de cumprimento das Resoluções 307/2002, 431/2011, 448/2012, 469/2015 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA; da Lei 12.305/2010 do Governo Federal; da Lei 14.236/2010 do Governo de Pernambuco e da Lei 17.072/2015 do Município do Recife (BRASIL, 2002, 2011, 2012, 2015;

PERNAMBUCO, 2015, RECIFE, 2015).

Wang, Li e Tam (2015) consideram que os princípios dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar) devem ser usados para impedir ou reduzir a geração de resíduos o máximo possível; ou seja, pode ser feito por meio da reutilização, reciclagem ou redução total, o que poderá trazer benefícios ambientais e econômicos. De acordo com Arshad (2018), a sociedade vem enfatizando cada vez mais o tratamento dos resíduos após sua utilização, com o intuito de diminuir, ou até mesmo conter, a geração de passivos ambientais resultantes do manuseio incorreto destes.

1.1 Justificativa

O principal desafio comum das legislações e demais derivações normativas ambientais consiste na redução, reutilização e reciclagem dos resíduos de construção civil - RCC (ABRECON, 2020; ARAUJO; MARTINS; FERREIRA, 2019).

Particularmente, no subsetor edificações – segmento com maior participação da indústria da construção civil - a situação exige a compreensão das etapas que constituem o processo de produção de edifícios e o conhecimento das ações a serem adotadas em cada uma das etapas para mitigar a geração de resíduos, através da aplicação dos 3R's (BRASILEIRO; MATOS, 2015; PASCHOALIN FILHO; DUARTE; FARIA, 2016).

Segundo Paschoalin Filho, Duarte e Faria (2016) o processo de produção de edifícios compreende o conjunto das etapas físicas (estudos preliminares, projeto e construção), organizadas de forma coerente no tempo, que dizem respeito à execução de uma obra; essas etapas concentram-se sobre a construção.

Os RCC são gerados durante a construção de edificações segundo três fases distintas, quais sejam, demolição, escavação e construção, sendo as duas primeiras fases responsáveis pela produção da maior parte do volume e peso dos resíduos, em um curto espaço de tempo e, por consequência, exigem um rigoroso planejamento da estocagem no canteiro de obras, do transporte externo e da destinação final dos resíduos, ambientalmente correta (LINS, 2020). A variação do quantitativo de resíduos gerados pelos construtores, resultante da comparação entre o volume inicialmente informado no Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil

(PGRCC) e o efetivamente gerado, tem implicado em um passivo ambiental de complexa justificativa, tendo em vista que há diversas variáveis envolvidas, dentre as quais, o método construtivo, as novas tecnologias e materiais de construção, o padrão de acabamento do edifício, a eficiência do construtor, dentre outros fatores, que influenciam na diminuição ou aumento do quantitativo de RCC produzido durante as etapas de execução da obra (LINS, 2020).

Prioritariamente, deve ser objetivo das empresas de construção a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização e a reciclagem dos resíduos da construção civil e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2002; ALBUQUERQUE; SANTANA, 2018). Por isso, devido a fatores como: falta de conhecimento sobre gestão de RCC, uso de técnicas para execução de serviços na indústria da construção civil não racionalizadas ou mesmo de medidas para o gerenciamento de resíduos pouco eficazes, faz-se necessária a aplicação de práticas que visem reduzir, reutilizar e reciclar (3R's) os resíduos gerados pela construção civil no canteiro de obras. Otobo, Santana e Costa (2016) e Arshad (2018) citam que desenvolvimento sustentável é a necessidade de se produzir a maior quantidade de bens com a menor quantidade de recursos naturais e a menor poluição, ou seja, o desenvolvimento econômico deverá ser desvinculado da geração de impactos ambientais. Conforme Brasileiro e Matos (2015), para conseguir esta desvinculação, são necessárias várias ações:

- ✓ Redução do consumo de matérias primas, que pode ser obtido pela redução e reciclagem de resíduos;
- ✓ Aperfeiçoamento de projetos;
- ✓ Substituição dos materiais tradicionais por outros mais eficientes e aumento da durabilidade dos produtos;
- ✓ Redução do consumo de energia (especialmente a produzida pela queima de combustíveis não renováveis);
- ✓ Redução global da poluição (incluindo resíduos).

Neste contexto, Laruccia (2018) destaca a importância da substituição da economia linear pela economia circular, que é baseada em extrair, produzir, consumir e descartar em um modelo circular no qual se reincorporam na produção das edificações os resíduos para a produção de novos produtos ou matérias primas, tendo como foco a redução, reutilização, reciclagem e a valorização material, promovendo o desenvolvimento sustentável. Ainda segundo a autora, este

é um “sistema de ciclo fechado”, focado no aumento da eficiência de recursos e na diminuição de resíduos, possibilitando o crescimento e desenvolvimento econômico e impactando minimamente o ecossistema.

Neste sentido, em 2015, a Organização das Nações Unidas - ONU propôs aos seus países membros uma nova agenda de desenvolvimento sustentável para os próximos 15 anos, a Agenda 2030, composta pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os ODS buscam assegurar os direitos humanos, acabar com a pobreza, lutar contra a desigualdade e a injustiça e agir contra as mudanças climáticas, bem como enfrentar outros dos maiores desafios de nossos tempos (ONU, 2015). Entre os 17 ODS, o objetivo 12 destaca a importância da gestão de resíduos, quando apresentada os objetivos para conseguir a segurança dos padrões de produção e de consumo sustentáveis, como:

- ✓ Alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais;
- ✓ Alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente;
- ✓ Reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso;
- ✓ Incentivar as empresas, especialmente as empresas grandes e transnacionais, a adotar práticas sustentáveis e a integrar informações de sustentabilidade em seu ciclo de relatórios.

Diante do exposto, o estudo das ações de reutilização, reciclagem e redução de empresas de construção que buscam implementar e/ou desenvolver ações visando atender às exigências legais e também garantir sustentabilidade ambiental à construção civil, são de grande contribuição para a redução dos RCC. Portanto, questiona-se quais são as ações voltadas à redução, reutilização e reciclagem de resíduos na construção de edifício?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo sistematizar as ações das empresas construtoras que visam reduzir, reutilizar e reciclar (3R's) os resíduos na construção de edifícios para estabelecer diretrizes de boas práticas para os construtores e pesquisadores da área de gerenciamento de resíduos da construção civil.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Investigar ações aplicadas na gestão de resíduos da construção civil, que visem a redução, a reutilização e a reciclagem na construção de edifícios.
- ✓ Obter boas práticas de sustentabilidade adotadas para a redução, a reutilização e a reciclagem, através da compilação de dados, informações levantadas nas investigações de campo e referenciais teóricos, identificando e descrevendo soluções para uma melhor gestão dos resíduos da construção civil quanto a aplicação dos 3R's das obras que possuem baixa taxa de geração de resíduos por metro quadrado.
- ✓ Divulgar os resultados através de diretrizes, descrevendo as ações (melhores práticas) e inovações dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar).

1.3 Estrutura do trabalho

Esta dissertação é composta por 6 capítulos seguidos das Referências e Apêndices. O capítulo 1 de introdução, capítulo 2 e 3 de revisão bibliográfica, capítulo 4 de metodologia, capítulo 5 de resultados e discussões e finalmente o capítulo 6 de conclusões.

O capítulo 1 – “INTRODUÇÃO” com a contextualização do tema seguida da justificativa para desenvolvimento do trabalho. Faz parte desse capítulo, a apresentação dos objetivos da pesquisa e da estrutura do trabalho.

O capítulo 2 – “RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL” aborda os principais aspectos sobre

resíduos da construção civil, dando ênfase aos conceitos e definições; origens e causas da geração; classificação, gerenciamento, legislações, normas e responsabilidades.

O capítulo 3 – “APLICAÇÃO DOS 3R’S NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS” apresenta as boas práticas de redução, reutilização e reciclagem dos resíduos na construção de edifícios.

O capítulo 4 – “METODOLOGIA” delinea a pesquisa, assim como as etapas definidas para desenvolvimento do trabalho, descrevendo as etapas de caracterização da pesquisa e delimitação do universo de estudo com a utilização do método de revisão sistemática PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), elaboração da ferramenta operacional –*checklist* para pesquisa exploratória e procedimento de escolha das obras estudadas.

O capítulo 5 – “APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS” explana os resultados e discussões da pesquisa. Este capítulo apresenta detalhadamente as etapas do PGRCC (caracterização, segregação, acondicionamento, transporte e destinação final) aplicadas nos canteiros de obras, assim como as medidas de aplicação dos 3R’s (redução, reutilização e reciclagem) adotadas nas obras e por fim é realizado a análise dos resultados.

O capítulo 6 - “CONSIDERAÇÕES FINAIS” são apresentadas as conclusões e recomendações da pesquisa, a partir de um resumo dos resultados obtidos, e sugestões para pesquisas futuras sobre a temática dos 3R’s na construção de edifícios.

2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os RCC (resíduos da construção civil) representam um grave problema para muitas cidades brasileiras, sua disposição irregular pode gerar problemas de ordem estética, ambiental e de saúde pública, além de sobrecarregarem os sistemas de limpeza pública municipais, visto que, no Brasil, os RCC podem representar 60% da massa dos resíduos sólidos urbanos, sendo em sua maior parte materiais semelhantes aos agregados naturais e solos (ABRECON, 2020).

Conforme pesquisa efetuada pela ABRELPE (2021), em 2020, foram coletadas pelos municípios cerca de 47 milhões de toneladas de RCC, o que representa um crescimento de 5,5%. Com isso, a quantidade coletada foi de 221,2 kg por habitante/ano.

Tal situação demonstra a necessidade do cuidado referente à correta destinação dos RCC, a pesquisa ainda destaca que os números apresentados podem ser ainda superiores, visto que se contabiliza apenas os RCC recolhidos pelas municipalidades, não levando em conta empresas não especializadas, carroceiros e empresas de coleta pirata, as quais, comumente lançam os resíduos em locais inapropriados, visto que consumo de materiais pela construção civil nas cidades é pulverizado, ou seja, cerca de 70% dos resíduos gerados pelas obras nos municípios provêm de construções informais: obras de construção, reformas e demolições, geralmente realizadas pelos próprios usuários dos imóveis (ABRELPE 2021; ALBUQUERQUE; SANTANA, 2018).

O grande desafio é sem dúvida conciliar a diminuição do déficit de habitação e infraestrutura, tanto para o transporte e comunicação, quanto para o abastecimento de água, esgotamento sanitário, energia, indústria, comércio e a preservação do meio ambiente. A situação está agravada pela concepção de projetos de engenharia conservadores e técnicas construtivas ultrapassadas, as quais estimulam o consumo excessivo de insumos naturais e excessivo de energia, bem como o aumento da geração de RCC e poluentes, fatores que acabam por impactar o meio ambiente natural e o urbano (PASCHOALIN FILHO et al., 2017).

De acordo com Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2012) e Alves (2015), o gerenciamento adequado resíduos, ainda enfrenta problemas, como: o desconhecimento da natureza dos resíduos, a ausência de cultura de separação e o aumento de novos materiais. Portanto, conhecer e diagnosticar os resíduos gerados possibilita o melhor encaminhamento

para o plano de gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil (RCC), permitindo a inclusão de medidas de caráter preventivo. Ainda segundo o IPEA (2012), a falta de conhecimento da realidade local ou nacional pode tornar o planejamento de metas e ações inadequados ou ineficientes e os prejuízos. Neste contexto, destaca-se os principais aspectos sobre resíduos da construção civil, dando ênfase aos conceitos e definições; origens e causas da geração; classificação, gerenciamento, legislações, normas e responsabilidades.

2.1 Legislações, normas e responsabilidades

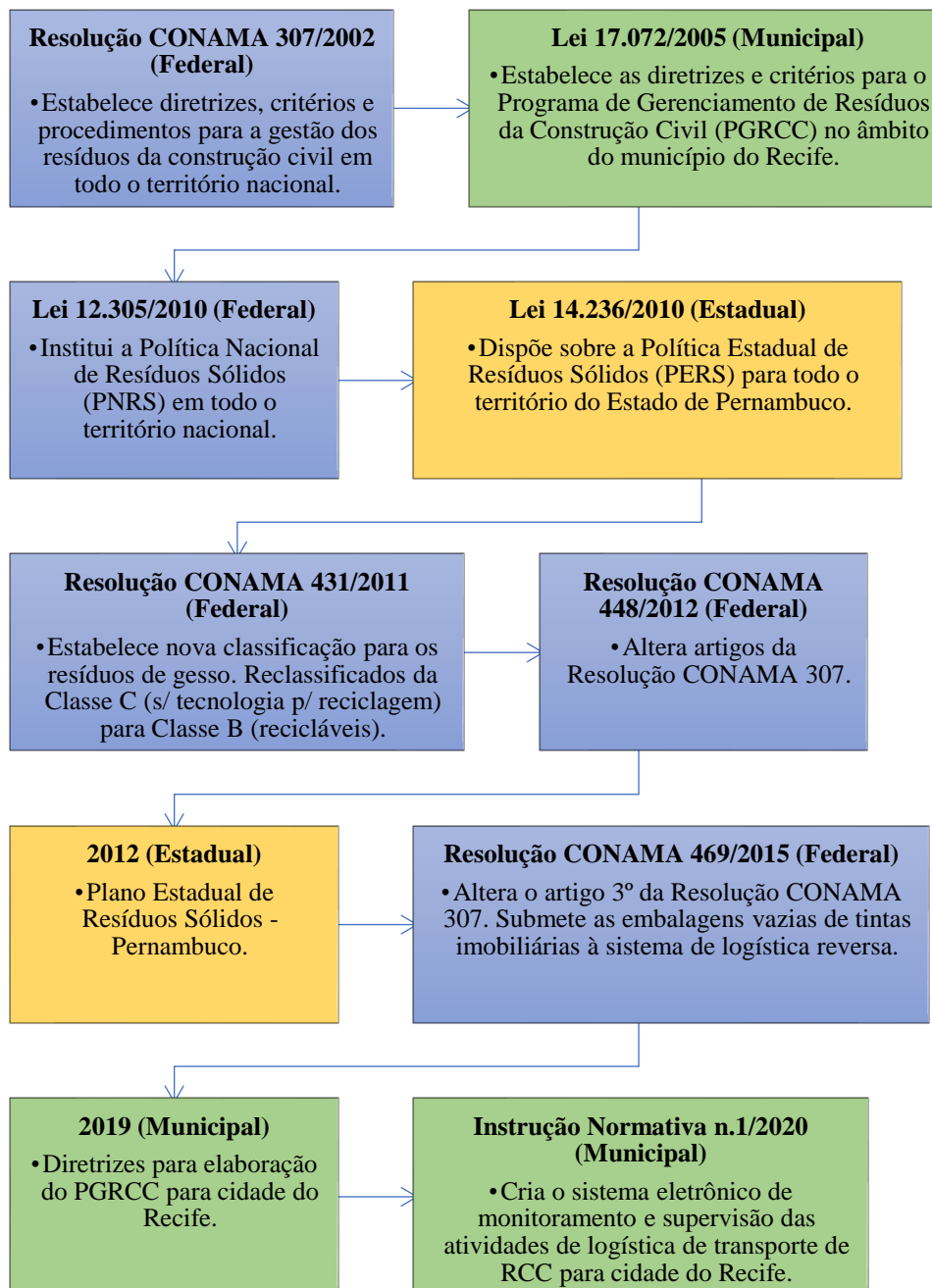
A importância do gerenciamento de resíduos aumenta de acordo com a elaboração e obediência de leis e normas que abordam em seu escopo alternativas que minimizem os impactos causados pela geração dos resíduos, tanto na construção quanto na operação de um empreendimento. Devido aos impactos ambientais que a construção civil proporciona, existem diversas normas e leis que tendem a reduzi-los.

A Figura 3 apresenta o cenário evolutivo da legislação aplicada ao gerenciamento de resíduos a partir da edição da Resolução CONAMA 307. A legislação relativa ao gerenciamento de resíduos está estabelecida no âmbito federal, estadual e municipal. As Leis Federais estabelecem diretrizes gerais e delegam aos estados e municípios a responsabilidade por estabelecer regras para a seleção e classificação de resíduos gerados pela produção, disposição provisória nos locais de produção; transporte e disposição final.

Visando disciplinar os impactos causados na indústria da construção, o Governo Federal deu passos importantes com a Resolução CONAMA n. 307, de 5 de julho de 2002, que estabelece critérios, diretrizes e procedimentos para a gestão dos resíduos da Construção Civil. Esta resolução, caracteriza o gerador como responsável pelo gerenciamento desses resíduos, determinação que representou um avanço legal e técnico, estabelecendo responsabilidades aos geradores, tais como a segregação dos resíduos em diferentes classes e o seu encaminhamento para reciclagem e disposição final adequada.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002, os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final.

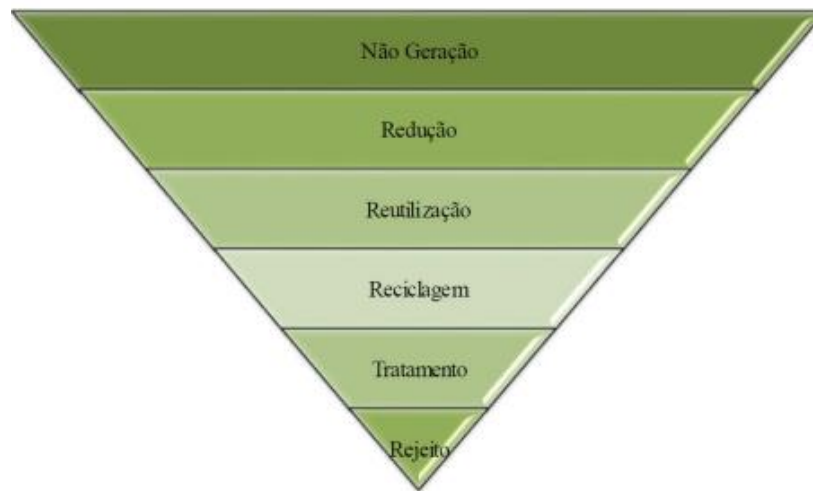
Figura 3 - Fluxograma evolutivo das principais leis federais, estaduais e municipais referentes ao gerenciamento de resíduos sólidos.



Fonte: Autor.

Nesse contexto, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2016), criou uma pirâmide de priorização na gestão de resíduos sólidos (Figura 4). Essa transcreve a inversão da pirâmide de produção e consumo, ao qual introduz a necessidade da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto.

Figura 4 - Priorização na geração de resíduos sólidos.



Fonte: Adaptado de PNUMA (2016).

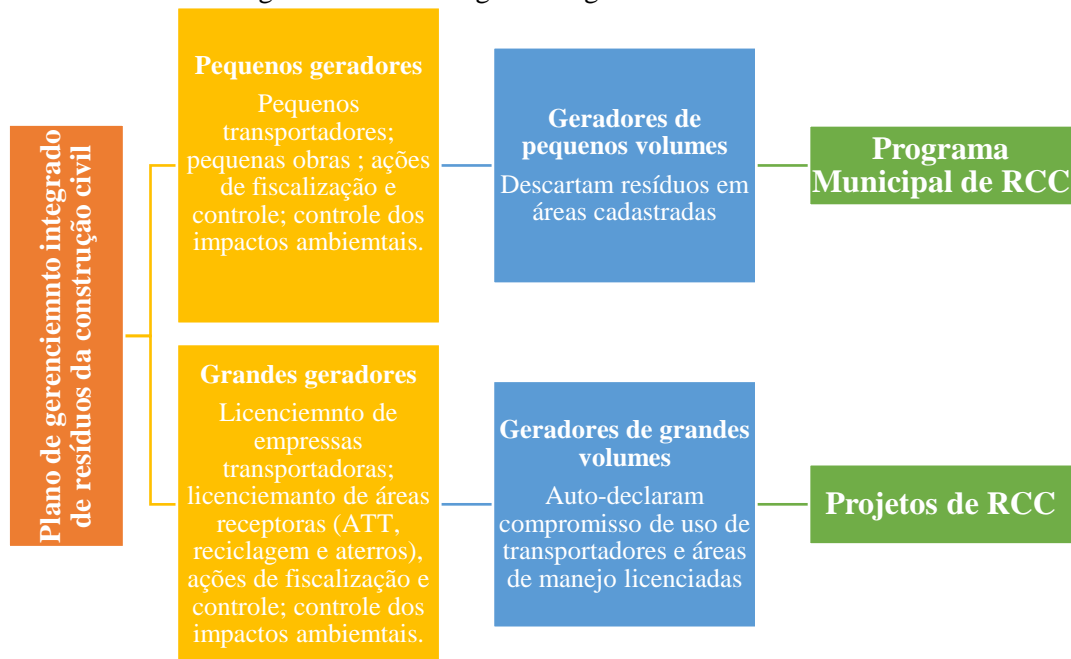
Os resíduos não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota-fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei, além do envio a aterros sanitários; desta forma, as áreas destinadas para essas finalidades devem passar pelo processo de licenciamento ambiental e ser fiscalizadas pelos órgãos ambientais competentes. Essas áreas se caracterizam como sendo degradadas, colocando em risco a estabilidade de encostas e comprometendo a drenagem urbana (LEITE et al., 2018).

A Resolução 307 estabelece que os grandes geradores devem, a partir de janeiro de 2005, incluir os planos de gerenciamento de resíduos em seus projetos de obras, que serão submetidos ao licenciamento nos órgãos competentes (CONAMA, 2002).

Ademais, cabe frisar que as diretrizes técnicas e os procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, deverão constar no Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores.

Fato reforçado pela Lei nº 12.305 que afirma que estão sujeitos à elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos as empresas de construção civil, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA (Figura 5).

Figura 5 - Plano integrado de gerenciamento de RCC.



Fonte: Adaptado de Lins (2020).

Dessa forma, cabe aos Municípios:

- ✓ Elaborar um Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição, com os procedimentos e diretrizes técnicas a serem adotados no exercício das responsabilidades dos pequenos geradores e seus transportadores (BRASIL, 2002).

Da mesma maneira, cabe aos Geradores:

- ✓ Elaborar e implementar Projetos de Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição que possam orientar, disciplinar e expressar os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos (BRASIL, 2002).

2.2 Conceitos e definições

Para o entendimento do que abrange a aplicação dos 3R's na construção de edifícios, primeiramente é necessário ter o entendimento das definições pertinentes ao tema. O Quadro 2 apresenta as principais definições sobre o tema de gerenciamento de resíduos, citadas na literatura, como normas e leis.

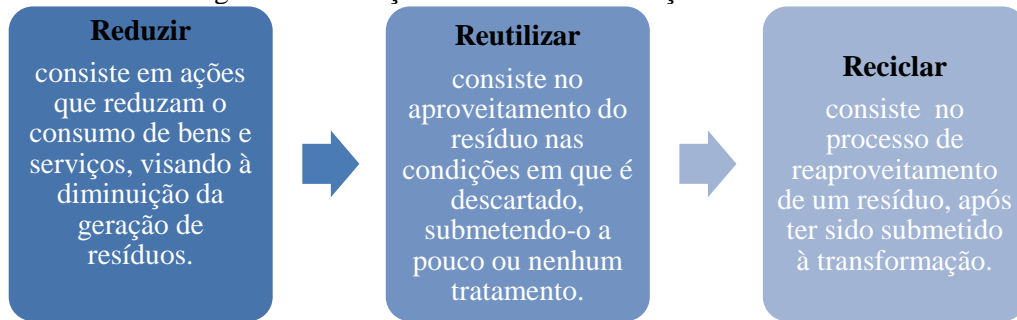
Quadro 2 - Principais definições sobre o tema de gerenciamento de resíduos.

Definições	Descrição
RCC (Resíduos de construção)	É o conjunto de fragmentos ou restos de blocos, concreto, argamassa, aço, madeira, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc. etc., provenientes do desperdício na construção, reforma e/ou demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes; e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos. Os resíduos de construção compõem-se, portanto, de restos e fragmentos de materiais (BRASIL, 2002; LAFAYETE et al., 2018).
Entulho	É a denominação popular dada aos resíduos de construção e aos resíduos de demolição (LEITE et al., 2018).
Redução	Reduzir consiste em ações que reduzam o consumo de bens e serviços, visando à diminuição da geração de resíduos e conseqüente redução do desperdício. A redução deve englobar tanto a utilização de produtos quanto o racionamento de recursos, como água, energia e combustíveis, práticas que impactam positivamente na economia e refletem na minimização dos danos causados pela geração de lixo e poluição do meio ambiente (STRAPASSAO et al., 2019).
Reutilização	É um processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo (Brasil, 2002). Consiste no aproveitamento do resíduo nas condições em que é descartado, submetendo-o a pouco ou nenhum tratamento; exigindo apenas operações de limpeza, embelezamento, identificação, entre outras, modificando ou não a sua função original (RIBEIRO; MOURA; PIROTE, 2016).
Reciclagem	É o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação (BRASIL, 2002). O resíduo retorna ao sistema produtivo como matéria-prima (STRAPASSAO et al., 2019).
Geradores	São pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos definidos nesta Resolução (BRASIL, 2002; PASCHOALIN FILHO et al., 2017).
Transportadores	São as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação (BRASIL, 2002; PASCHOALIN FILHO et al., 2017).
Aterro de resíduos da construção civil	É a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe "A" no solo, visando a preservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente (BRASIL, 2002; RIBEIRO; MOURA; PIROTE, 2016).
Gerenciamento de resíduos	É o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos (BRASIL, 2002; LINS, 2020).
Gestão integrada de resíduos sólidos	Conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL 2002, 2010; LINS, 2020).
Desenvolvimento sustentável	É um sistema de gestão que abrange planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e para implementar ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos (LEITE et al., 2018).
Processo construtivo	É um organizado e bem definido modo de se construir um edifício. Um específico processo construtivo caracteriza-se pelo seu conjunto particular de métodos utilizado na construção da estrutura e das vedações do edifício (SABBATINI, 1989).
Sistema construtivo	É um processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo (SABBATINI, 1989).

Fonte: Autor.

As definições apresentadas no Quadro 2, são essenciais para a compreensão e implantação de medidas de redução, reutilização e reciclagem de resíduos na construção de edifícios, de forma eficaz. Portanto, a gestão sustentável dos resíduos pressupõe uma abordagem que tenha como referência o princípio dos 3R', sintetizadas na Figura 6.

Figura 6 - Definição dos 3R's na construção de edifícios.



Fonte: Autor.

A redução de resíduos é a etapa principal, pois contribui com a minimização de gastos com o gerenciamento e tratamento de resíduos, por meio de ações que visam à diminuição da geração de resíduos, seja por meio da minimização na fonte ou através da redução do desperdício, já a reutilização, que é a etapa seguinte que pode ser implantada através de ações que possibilitam a utilização dos RCC para várias finalidades, otimizar o máximo seu uso antes de descarte final, ou, ainda seu reenvio ao processo produtivo, visando a sua recolocação para o mesmo fim ou recolocação no mercado; e, por fim, a reciclagem, que é um conjunto de técnicas que tem por finalidade aproveitar os resíduos, e reutilizá-los no ciclo de produção de que saíram, desta forma materiais que se tornariam resíduos, ou estão em aterros de resíduos, são separados, coletados e processados para serem usados como matéria-prima na manufatura de novos produtos, portanto reciclar é usar um material para fazer outro (PASCHOALIN FILHO et al., 2017).

2.3 Origens e causas da geração dos RCC

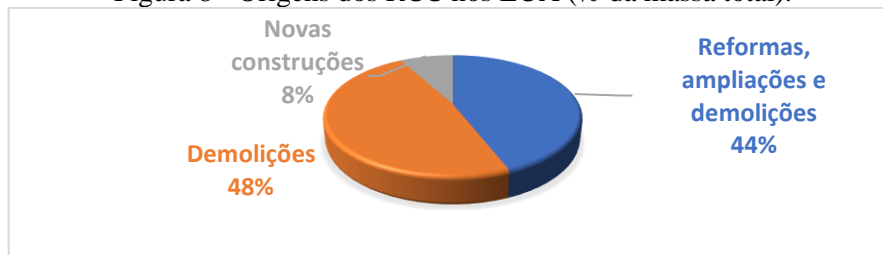
Na concepção de Albuquerque e Santana (2018) os resíduos da construção são gerados nas fases de construção, manutenção, reformas e demolição de edifícios. Santos, Iselle, Dias-Silva (2019) citam que os RCC podem ser oriundo de obras viárias, materialde escavação, demolição de edificações, construções, renovação de edifícios, limpeza de terrenos e até mesmo de catástrofes naturais (tsunamis, tornados, terremotos, etc.) ou artificiais (incêndios, desabamentos, bombardeios, etc.). Nas Figuras 7 e 8, pode-se observar, as origens dos RCC em alguns municípios brasileiros e nos EUA, respectivamente.

Figura 7 - Origens dos RCC no Brasil (% da massa total).



Fonte: Adaptado de (PINTO; GONZÁLES, 2005; SANTOS; ISELLE; DIAS-SILVA, 2019).

Figura 8 - Origens dos RCC nos EUA (% da massa total).



Fonte: Adaptado de (PINTO; GONZÁLES, 2005; SANTOS; ISELLE; DIAS-SILVA, 2019).

Segundo Lafayette et al. (2018) e Lins (2020), além das demolições, grande parte da produção diária dos resíduos vem do desperdício de materiais em construções novas, graças a projetos construtivos malfeitos, com especificações errôneas de materiais e detalhes, e à falta de planejamento da execução da obra, resultando em improvisos.

O Quadro 3 apresenta um estudo realizado por Lafayette et al. (2018), onde se obtém o resultado da composição gravimétrica dos RCC, gerados em obras de construção de edifícios, executadas em Recife, nas fases de estruturas, alvenaria, acabamento e demolição, onde se identifica que há a predominância da geração de resíduos compostos por concreto, argamassa e tijolos.

Quadro 3 - Composição gravimétrica dos resíduos de construção civil das fases de estruturas, alvenaria, acabamento e demolição, na cidade do Recife.

	% Participação			
	Estrutura	Alvenaria	Acabamento	Demolição
Concreto	41	4	3	14
Argamassa	25,9	26	27,1	24
Tijolo	8	44	7	10
Cerâmica			2	12
Cerâmica, Argamassa e Concreto				14,9
Gesso			2	
Madeira	1			
Metal	1	2		
Materiais pequenos	16	17	54	13
Material composto	7	7	5	12
Total	100	100	100	100

Fonte: Lafayette et al. (2018).

De acordo os dados da autora, os materiais inertes estão entre os mais gerados como: concreto estrutural, tijolos estruturais e não estruturais, bem como, as argamassas de assentamento e revestimento. Esses resultados demonstram o potencial de reciclagem dos RCC, uma vez que os resíduos mencionados pertencem à Classe A e são potencialmente recicláveis como agregados. Os resíduos de construção, Classe A, correspondem a uma categoria particular de resíduos, tendo em vista terem grande diversidade de tipos e significativos volumes gerados (LEITE et al., 2018). As causas da geração destes resíduos são diversas, mas podem-se destacar (LEITE et al., 2018; SILVA; PERTEL, 2020):

- ✓ A falta de qualidade dos bens e serviços, podendo isto dar origem às perdas de materiais, que saem das obras na forma de entulho;
- ✓ baixa qualificação da mão de obra e emprego de técnicas construtivas de pouca tecnologia que não emprega princípios de racionalização;
- ✓ falta de cultura para segregação de resíduos;
- ✓ A urbanização desordenada que faz com que as construções passem por adaptações e modificações gerando mais resíduos;
- ✓ O aumento do poder aquisitivo da população e as facilidades econômicas que impulsionam o desenvolvimento de novas construções e reformas; Resíduos da construção civil;

É de entendimento que a correta destinação dos resíduos sólidos está diretamente relacionada com o desenvolvimento econômico, social e sustentável. De modo geral, os níveis tecnológicos da região e da construtora influenciam diretamente no volume de resíduos gerados, pois levam em consideração a qualidade dos materiais e componentes; a qualificação da mão de obra; existência de procedimentos operacionais e mecanismos de controle do processo construtivo (LEITE et al., 2018).

2.4 Gerenciamento dos resíduos da construção civil

O gerenciamento de resíduos visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos. Portanto a interface da gestão de resíduos com medidas que visem a redução, a reutilização e a reciclagem, devem atuar em conjunto com ações operacionais que buscam minimizar a geração de resíduos em um empreendimento ou atividade.

Ramos, Pinto e Melo (2013) afirmam que a participação dos cidadãos, empresários, entidades de classe e instituições de ensino são imprescindíveis para se discutir ideias, políticas, buscarem soluções e desenvolverem estudos para aplicação de novas tecnologias que contribuam para o processo de recebimento e destinação de resíduos sólidos da construção civil e de demolição, de forma a expandir os serviços nesse setor.

A maioria das ferramentas usadas nas políticas públicas de minimização de RCC pode ser implantada em vários estágios do processo de construção, projeto, demolição e manejo de resíduos. Brasileiro e Mattos (2015) apresentam alguns dos melhores exemplos de políticas vigentes no mundo para redução de RCC, que segundo pesquisa realizada pelo WPPPC (Working Party Pollution Prevention and Control) of the Environment Policy Committee of the Organization for Economic Cooperation and Development - OECD, são elas:

- ✓ Incentivo ao uso de materiais de construção reciclados e recicláveis;
- ✓ Cobrança de preços elevados para a deposição de RCC em aterros;
- ✓ Triagem obrigatória de RCC em obras e entrega obrigatória em unidades de reciclagem;
- ✓ Demolição controlada - o plano de gestão deve acompanhar a documentação para demolição da edificação, o qual deve ser aprovado pelas autoridades. Neste deve estar descrita a destinação de cada um dos materiais resultantes;
- ✓ Taxação de matérias-primas oriundas da atividade de mineração: é também usada como forma de estimular o uso de materiais provenientes dos RCC;
- ✓ Subsídios financeiros para unidades de tratamento de RCC;
- ✓ Padrões para o uso de materiais reciclados.

Brasileiro e Matos (2015) destacam ainda a importância da não geração do resíduo, ou seja, a redução da geração do resíduo na fonte. Na sequência, uma vez que o resíduo foi gerado sua reutilização deve ser considerada, assim como a possibilidade de reciclagem

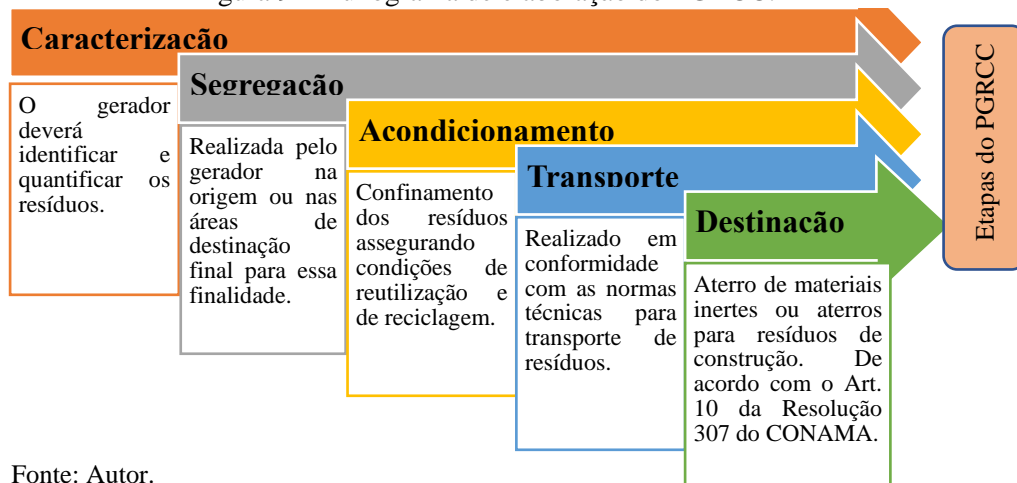
De acordo com Segato e Soares Neto (2014), a gestão sustentável baseia-se no princípio dos 3R's que são: reduzir os resíduos ao mínimo; reutilizar e reciclar ao máximo, defende ainda que correlacionar estas ações de forma integrada constitui a estrutura ambientalmente saudável do manejo dos resíduos e que a adoção de medidas de controle, monitoramento e a fiscalização fazem parte de atividades afins da gestão dos resíduos sólidos, destacando a necessidade de minimizar os impactos ambientais através da aplicação destes princípios.

Segundo Arshad (2018) a eficaz gestão de resíduos ajuda a reduzir a quantidade de materiais gerados nas construções e contribui de forma substancial para o desenvolvimento sustentável e controle de custos. Duarte, Machado e Paschoalin Filho (2019) citam a importância do gerenciamento ambiental na melhoria da qualidade dos ambientes construídos e como forma de minimizar os impactos causados pelas obras ao meio ambiente.

É indiscutível que a adesão a padrões de produção, consumo sustentável e o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, reduzem significativamente os impactos ao ambiente e à saúde coletiva. Diante desta situação, o setor da construção civil vem investindo em novas tecnologias e inovações, no intuito de reduzir o volume de resíduos produzidos (DUARTE; MACHADO; PASCHOALIN FILHO, 2019).

Como forma de reduzir os resíduos gerados na construção civil e minimizar os impactos que os mesmos causam, é importante que se faça o gerenciamento dos RCC. Para realizar tal tarefa utiliza-se o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) como ferramenta. O PGRCC é um documento técnico a ser elaborado para a obra com o objetivo de estabelecer um conjunto de procedimentos específicos para o atendimento da Resolução 307 do CONAMA, sendo a necessária apresentação deste plano para adequação legislação vigente de cada Estado ou Cidade (LINS, 2020). Diante do exposto, para que o plano de gestão de resíduos seja implantado de forma eficaz em uma empresa construtora, faz-se necessário seguir as etapas estabelecidas no PGRCC, seguindo os conceitos dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar), apresentas na Figura 9, etapas essas descritas a seguir:

Figura 9 - Fluxograma de elaboração do PGRCC.



a) *Caracterização*

De acordo com Nagalli (2014), na etapa de caracterização o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos. Para se estimar a geração de resíduos é importante entender os resíduos gerados de acordo com a fase de execução da obra (Quadro 4).

Quadro 4 - Resíduos gerados de acordo com a fase de construção.

FASES DA OBRA	TIPOS DE RESÍDUOS GERADOS
LIMPEZA DO TERRENO	Solos
	Rocha, vegetação
MONTAGEM DO CANTEIRO	Blocos cerâmicos, concreto (areia, brita)
	Madeiras
FUNDAÇÕES	Solos
	Rochas
SUPERESTRUTURA	Concreto (areia, brita)
	Madeiras
	Sucatas de ferro, formas plásticas
ALVENARIA	Blocos cerâmicos, Blocos de concreto, argamassa
	Papel, plástico
INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS	PVC
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	Conduites, fios de cobre
EMBOÇO INTERNO/ EXTERNO	Argamassa
REBOCO INTERNO/EXTERNO	Argamassa
REVESTIMENTOS	Pisos e assentamentos cerâmicos
	Piso laminado de madeira, papel, plástico
PINTURAS	Placas de gesso comum ou acartonado
	Tintas, vernizes, texturas
COBERTURAS	Madeiras
	Cacos de telhas de fibrocimento

Fonte: Adaptado de Nagalli (2014).

Segundo (PASCHOALIN FILHO et al., 2017; SILVA; PERTEL, 2020) para que haja um gerenciamento eficaz dos resíduos produzidos pelas empresas da construção civil, é necessário realizar um amplo diagnóstico para identificar o volume total e o tipo de resíduo gerado e suas principais propriedades e características. Desta forma, os resíduos da construção civil, devem ser caracterizados de acordo com a classificação CONAMA 307/2002.

b) *Segregação*

Para a correta segregação, é importante saber identificar a classificação dos resíduos de acordo a ABNT NBR 1004:2004, norma que trata sobre os resíduos sólidos e também segundo a Resolução CONAMA nº 307 de 2002.

A triagem dos resíduos prever a segregação entre as diferentes classes, e, ainda, quais resíduos demandam uma separação exclusiva. A segregação é indispensável, porque facilita as etapas subsequentes, considerando que este trabalho é realizado diretamente na fonte de geração, retirando a necessidade de uma segregação posterior, possivelmente mais onerosa (SILVA; SANTOS; KLAMT, 2015).

A reciclagem dos RCC contaminados com materiais não-inertes produz reciclados de pouca qualidade. Então, além de contribuir com processo de reciclagem, a atividade de segregação dos resíduos possibilita a organização e limpeza do local de trabalho (SILVA; PERTEL, 2020).

c) Acondicionamento

O acondicionamento deve garantir, conforme planejado na etapa de segregação, a separação dos resíduos, bem como facilitar o transporte do canteiro de obras para encaminhamento ao tratamento e destinação final. Este consiste de duas etapas: na primeira, os RCC já segregados são dispostos em recipientes específicos para cada tipo e finalidade de resíduos; e, posteriormente, são encaminhados para o armazenamento final (NAGALLI, 2014). É importante destacar que seja qual for o acondicionamento é necessária a sinalização do tipo de resíduo por meio de adesivo com a indicação da cor padronizada, segundo a Resolução 275, de 25 de abril de 2001, do CONAMA, que estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, conforme Figura 10.

Figura 10 - Código de cores para os diferentes tipos de resíduos.



Fonte: Resolução CONAMA 275 de 2001.

Nesta etapa podem ser utilizados big bags, baias, caçambas, lixeiras comuns e entre outros (NAGALLI, 2014; SILVA; SANTOS; KLAMT, 2015; SILVA; PERTEL, 2020), conforme apresentas no Quadro 5.

Quadro 5 - Formas de acondicionamento relacionadas aos tipos de RCC.

CLASSE	TIPO DE RCC	FORMA DE ACONDICIONAMENTO
RESÍDUOS PERTENCENTES A CLASSIFICAÇÃO DE RCC		
CLASSE A	Concreto, argamassa, elementos cerâmicos.	Baias fixas ou móveis ou mesmo caçambas estacionárias exclusiva para classe A, exceto solo e resíduos asfálticos.
	Solo	Direto em caçambas basculantes de caminhões ou caçambas estacionárias exclusiva para solo.
	Resíduo asfáltico	Caçamba estacionária exclusiva para este resíduo.
CLASSE B	Papel, plástico, vidro, metal.	Bag, bombona, tambor, lixeiras com tampa (quando em pequenos volumes).
	madeira	Caçamba estacionária.
	Gesso	Caçamba estacionária.
	Embalagens de tintas imobiliárias	Caçamba estacionária exclusiva para essas embalagens.
CLASSE C	Lã de vidro, lã de rocha.	Bombonas exclusiva para esses resíduos, dotada de tampa e etiqueta indicando que o manuseio desses resíduos possui risco de provocar reação urticante.
	Manta asfáltica, isopor.	Bombona, tambor, bag.
CLASSE D	Tintas, óleos, solventes, vernizes, impermeabilizantes.	Bombona ou tambor, exclusivo para resíduos de classe D.
	Telhas de amianto	Baias (quando inteiras), tambor ou caçambas (quando quebradas) em cor laranja, exclusivo para este tipo de resíduo.
RESÍDUOS NÃO ENQUADRADOS NA CLASSIFICAÇÃO DE RCC		
PERIGOSOS	Lâmpadas	Devem ser embaladas, acondicionadas em caixas.
	Resíduos de saúde	Bombonas ou lixeiras com tampa. Deve atender a Resolução n.º 306/2004 da ANVISA.
CLASSE IIB	Resíduos orgânicos, resíduos vegetais	tambor, lixeira com tampa

Fonte: Nagalli (2014); Silva, Santos e Klamt (2015).

No interior dos recipientes para acondicionamentos dos resíduos de classe B, podem-se colocar sacos de rafia, a fim de facilitar a coleta para o armazenamento final. Estes recipientes podem ficar dispostos em cada pavimento do edifício em construção ou em locais estratégicos definidos no projeto do *layout* do canteiro de obras. No caso de resíduos orgânicos, a localização deve ser nas proximidades do refeitório e de bebedouros.

d) Transporte

A etapa do transporte define-se pela remoção dos resíduos dos locais de origem para estações de transferências, centros de tratamento ou, então, diretamente para o destino final, por

diferentes meios de transporte. Nagalli (2014) cita que é importante implantar uma logística para o transporte, provendo acessos adequados, horários e controle de entrada e saída dos veículos que irão retirar os resíduos devidamente acondicionados, de modo a combater o acúmulo excessivo de resíduos, melhorando a organização local. As empresas transportadoras devem possuir licença ambiental para esta atividade específica, a ser emitida pelo órgão competente e o transporte deve ser feito em conformidade com a norma ABNT NBR 13.221/2017, que trata dos transportes terrestres de resíduos.

A garantia de que o resíduo está sendo descartado de forma correta e sustentável é obtida pelo Controle de Transporte de Resíduos (CTR), contendo as seguintes informações: razão social da empresa transportadora, endereço, telefone, CNPJ, número do CTR, data da retirada da caçamba, endereço de origem do resíduo, descrição e quantidade de resíduo, número da caçamba, placa do caminhão, nome e endereço do receptor do resíduo.

O destinatário é o responsável por controlar o recebimento de resíduos avaliando e analisando a sua origem, quantidade e qualidade, dando a destinação final de forma correta. Os principais tipos de veículos utilizados para a remoção dos RCC são caminhões com equipamento poliguindaste ou caminhões com caçamba basculante que deverão sempre ser cobertos com lona, para evitar o derramamento em vias públicas.

e) Tratamento e destinação final

Portanto, quando verificadas as alternativas para a reutilização e a reciclagem, e estas não forem possíveis de serem aplicadas e por fim resultar nos rejeitos, estes devem ser dispostos de forma ambientalmente adequada, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (NAGALLI, 2014; SILVA; SANTOS; KLAMT, 2015). A destinação dos resíduos, por sua vez, deverá estar vinculada a determinadas condições, como as mostradas no Quadro 6.

Por meio da Resolução CONAMA n° 307 de 2002, os resíduos possuem tratamentos e destinações de acordo com a classe a que pertencem. O Quadro 7, apresenta as principais destinações sugeridas pelo Manual de gestão de resíduos/ SEBRAE (2005) RCC e pelos autores Nagalli (2014); Silva; Santos; Klamt (2015).

Quadro 6 - Tipos de Destinação Final dos RCC.

Tipo de Área	Descrição	Condições para utilização	Observações
Pontos de entrega	Área pública ou viabilizada pela administração pública apta para o recebimento de pequenos volumes de resíduos da construção civil.	Disponibilizada pela administração pública local como parte integrante do Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.	Restrição ao recebimento de cargas de resíduos de construção civil constituídas predominantemente por resíduos da construção civil perigosos e não- inertes (tintas, solventes, óleos, resíduos provenientes de instalações industriais e outros).
Área de Transbordo e Triagem (ATT)	Estabelecimento privado ou público destinado ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos gerados e coletados por agentes privados, e que deverão ser usadas para a triagem dos resíduos recebidos, eventual transformação e posterior remoção para adequada disposição.	Licenciada pela administração pública municipal.	Restrição ao recebimento de cargas predominantemente constituídas por resíduos classe D.
Área de Reciclagem	Estabelecimento privado ou público destinado à transformação dos resíduos classe A em agregados.	Licenciada pela administração pública municipal. No âmbito estadual, licenciamento pelo órgão de controle ambiental, expresso nas licenças de instalação e operação.	Área para recebimentos de resíduos classe A
Aterros de Resíduos da Construção Civil	Estabelecimento privado ou público onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil classe A no solo, visando à preservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.	Licenciamento municipal e estadual de acordo com legislação específica.	Os resíduos classe B, C e D poderão apenas transitar pela área para serem, em seguida, transferidos para destinação adequada.
Aterros para resíduos industriais	Área licenciada para o recebimento de resíduos industriais classe I e II (conforme antiga versão da NBR 10004:2004).	Licenciamento municipal e estadual de acordo com legislação específica.	Caracterização prévia dos resíduos definirá se deverão ser destinados a aterros industriais classe I e II (conforme antiga versão da NBR 10004:2004).
Agentes diversos	Sucateiros, cooperativas, grupos de coleta seletiva e outros agentes que comercializam resíduos recicláveis.	Contrato social ou congêneres, alvará de funcionamento, inscrição municipal.	Em caso de necessidade da utilização de agentes eminentemente informais (condição de baixa atratividade para coleta associada a indisponibilidade de agentes formais), reconhecer o destino a ser dado ao resíduo e registrá-lo da maneira mais segura possível.

Fonte: Nagalli (2014); Silva, Santos e Klamt (2015).

Quadro 7 - Disposições dos RCC de acordo com a classe a que pertencem.

Classes	Identificação	Integrantes	Disposição dos RCD e RCC	Observações
A - São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis	Solos	Solos provenientes de terraplanagem, corte e aterro.	Utilizar na própria obra ou em obras que necessitem de aterros, caso este não esteja contaminado. Não sendo possível, pode-se reutilizar na recuperação de solos contaminados, aterros e terraplanagem de jazidas abandonadas ou, ainda, encaminhar o solo para aterros de resíduos Classe A.	Examinar a caracterização prévia do solo para definir a destinação.
	Materiais cerâmicos	Tijolos, louças, telhas, blocos, placas de revestimento etc..	Estações de reciclagem de RCC, de modo a permitir seu aproveitamento como agregado, doações quando estiverem em bom estado ou aterros de inertes licenciados.	Podem ser reciclados para posterior uso em pavimentação ou concreto sem função estrutural.
	Concreto	peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, etc.).	Usinas de reciclagem, unidade de recebimento de pequenos volumes, aterros de inertes licenciados, britagem para posterior uso como agregado em concreto asfáltico, de sub-base de rodovias, etc.	Resíduos de cimento, argamassas e de componentes cerâmicos, para que possam ser reaproveitados, devem ser enviados até áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT)
	Argamassa	Restos de argamassas	Usinas de reciclagem, unidade de recebimento de pequenos volumes, aterros de inertes licenciados.	
	Asfalto	materiais provenientes de pavimentação asfáltica.	Usina de pré-misturado a quente PMQ, unidade de reciclagem de resíduos asfáltico.	Proteger de intempéries.
B - São os resíduos recicláveis para outras destinações	Madeira	Restos de madeiras utilizadas para formas, locação, etc..	Reutilizar na própria obra ou empresas e entidades que utilizem a madeira como energético ou matéria prima.	Para o uso em caldeiras (como combustível), garantir a separação da serragem dos demais resíduos da madeira.
	Pallet sem contaminantes	sevem de suporte para entrega de materiais como tijolos, cerâmicas, etc.	Indústria de móveis, unidades de reciclagem	Para uso em fornos.
	Metais	Todo tipo de material metálico.	Empresas de reciclagem de materiais metálicos, cooperativas e associações de catadores, depósitos de ferro-velho devidamente licenciados, doações quando em condições de uso.	Proteger de intempéries.

Classes	Identificação	Integrantes	Disposição dos RCD e RCC	Observações
	Papelão e papel	Sacos e caixas de embalagens.	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos.	Proteger de intempéries. Embalagens de cimento e argamassa: podem retornar à fábrica para utilização com combustível na produção do cimento.
	Gesso	Revestimentos de gesso, placas de gesso fundido, drywall, massas, entre outros.	Devem ser destinados a ATT's (Áreas de Transbordo e Triagem) licenciadas, pode ser reutilizado para produzir o pó de gesso ou usado como corretivo de solo.	Os resíduos de gesso devem ser armazenados isoladamente, sem contato com outro tipo de material, e em local seco.
	Plástico	Embalagens, aparas de tubulações, etc.	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam este resíduo.	Proteger de intempéries.
	Vidros	Todo tipo de vidro.	Empresas de reciclagem, cooperativas e associações de catadores, depósitos de ferro-velho devidamente licenciados.	Proteger de intempéries.
C - Resíduos para os quais não foram desenvolvidas aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação.	Manta asfáltica	Mantas provenientes de serviços de impermeabilização	Podem ser encaminhados a aterros industriais para resíduos não perigosos e não inertes.	Proteger de intempéries.
	Lã de vidro/rocha	Materiais provenientes de serviços com forros de gesso e preenchimentos de vedações em gerais.	Podem ser encaminhados a aterros industriais para resíduos não perigosos e não inertes.	Proteger de intempéries.
	Fibra de nylon	Materiais provenientes de serviços com forros de gesso e preenchimentos de vedações em gerais.	Podem ser encaminhados a aterros industriais para resíduos não perigosos e não inertes.	Proteger de intempéries.
	Tubos de poliuretano, plásticos não recicláveis.	Tubos provenientes de instalações.	Aterro específico para materiais não perigosos.	Disposição sob controle.

Classes	Identificação	Integrantes	Disposição dos RCD e RCC	Observações
D - Resíduos perigosos oriundos do processo de construção ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.	Tintas	Tintas, vernizes, selador, solvente.	Empresas de reciclagem de tintas e vernizes, empresas de co-processamento, pontos de entrega da logística reversa.	Tintas a base de solventes: lave os equipamentos com o mesmo solvente e despeje os resíduos em areia, quando o solvente evaporar, descarte-a no lixo comum. Tinta à base de água: lavar os equipamentos com água e despeja-la em ralos.
	Amianto ou asbesto.	Telhas e caixas d'água.	Aterro específico.	O amianto é um material perigoso que não tem como ser reciclado ou reutilizado.

Fonte: Manual de gestão de resíduos/ SEBRAE (2005), Nagalli (2014); Silva; Santos; Klamt (2015).

Para os RCC Classe A, a disposição final adequada é exclusivamente em aterro de inertes. O aterro de inertes são áreas onde são empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe A no solo, visando a preservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente (Resolução 307/CONAMA).

As áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT), como prevê a Resolução CONAMA n° 307 de 2002, são locais onde ocorre a triagem, o armazenamento temporário dos materiais segregados, a transformação ou remoção para destinação adequada, sempre se levando em conta a garantia da saúde e segurança das pessoas.

Os óleos, tintas e solventes podem ser enviados para empresas que, contudo, quando a quantidade gerada não for significativa, essa destinação pode não ser viável na prática. Alguns resíduos como abrasivos e baterias podem ser reciclados. Os resíduos com características domésticas, podem ser enviados a cooperativas de reciclagem ou para o serviço público de coleta, sendo altamente desejável a segregação e o acondicionamento adequados destes resíduos (NAGALLI, 2014).

3 APLICAÇÃO DOS 3 R'S NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

A aplicação dos 3R's está diretamente ligada aos conceitos de desenvolvimento sustentável. Portanto o desenvolvimento sustentável deve ser acompanhado da valorização dos aspectos não materiais, como a democracia, igualdade de direitos, valorização dos direitos humanos e a biodiversidade (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Para minimizar os impactos ambientais da indústria da construção (BRASILEIRO; MATOS, 2015) propuseram os seguintes princípios:

- ✓ Minimizar o consumo de recursos: gastar mais tempo na fase de planejamento e projetos para otimizar a utilização de materiais e minimizar a produção de resíduos;
- ✓ Maximizar a reutilização de recursos: reutilizar componentes que ainda possam desempenhar a função para a qual foram produzidos, ou mesmo serem utilizados em outra função;
- ✓ Usar recursos renováveis e recicláveis: optar por materiais recicláveis ou cujas fontes de matéria-prima sejam renováveis;
- ✓ Proteger o meio-ambiente: evitar o uso de materiais cuja extração de matéria-prima cause danos ambientais: aproveitar os recursos naturais para iluminação e ventilação, reusar águas servidas;
- ✓ Criar um ambiente saudável e não tóxico: evitar utilização de materiais que podem causar danos tanto ao meio ambiente quanto aos usuários;
- ✓ Buscar a qualidade na criação do ambiente construído: projetar utilizando técnicas que permitam uma construção mais econômica, menos poluente e que impacte menos agressivamente no meio-ambiente.

Soluções construtivas que priorizem a reutilização de água, exploração de luz natural e matéria prima reciclada, impactam diretamente na vida útil de uma edificação. A preocupação com essas questões, também contribuem para a diminuição do consumo de mais matéria prima, geração de resíduos e diminuição nas taxas de CO₂ (RIBEIRO; MOURA; PIROTE, 2016). Para tal, os impactos de uma edificação na natureza devem ser avaliados quanto as suas implicações nesse meio, através de ações voltadas a redução, reutilização e reciclagem de resíduos, gerando soluções inovadoras e menos poluentes.

3.1 Medidas para redução dos resíduos gerados

Segundo Silva et al. (2015), para que haja uma eficaz redução ou até a não geração de resíduos, a qual é o objetivo da resolução Conama, deve-se dar atenção especial a alguns fatores como superprodução, superdimensionamento de estoque, perda no transporte e perda na fabricação, pois grande parte dos resíduos é gerada pelo desperdício de materiais durante estas etapas.

De acordo com Villoria et al. (2014), outras ações podem ser implantadas para a redução dos resíduos como a racionalização dos processos e a implantação de inovações tecnológicas. Nesse viés, o desenvolvimento de novas técnicas construtivas e a utilização de produtos e materiais que causem menos impactos ambientais vêm contribuindo para um maior desempenho do ambiente construído, o que auxilia diretamente na redução dos resíduos gerados e na preservação dos recursos naturais (VILLORIA et al., 2014).

A seguir cada uma das ações elencadas no Quadro 8 serão apresentadas, conforme a bibliografia consultada, destacando-se as principais medidas de redução de resíduos na construção de edifícios.

Quadro 8 - Medidas de redução dos RCC.

Medidas para a Redução dos resíduos gerados - Medidas aplicadas no(a):	Aplicação	Autores
Escolha dos processos ou sistemas construtivos	Escolha por sistemas ou processos construtivos racionalizados e/ou inovadores.	(GEHBAUER, 2004; FREITAS et. al., 2015; MENDES; MORAIS; BRANDÃO, 2016; AMORIM, 2019; MASSARSCH; FELLENIUS, 2015)
Escolha de materiais utilizados na execução de obras	Uso de argamassas industrializadas, tijolos ecológicos, e aço cortado, dobrado e montado.	(RAULINO; DARÉ, 2015; BRAGANÇA et al., 2015; TURRA; ABITANTE, 2016; ARAÚJO, MARTINS, FERREIRA; 2019)
Produção de materiais no canteiro de obras	Controle da produção, evitando perdas e superprodução de materiais.	(SILVA; SANTOS; KLAMT, 2015; SANTOS; ISELLE; DIAS-SILVA, 2019).
Fluxo e estocagem de materiais	Controle do Armazenamento.	(SILVA; SANTOS; KLAMT, 2015; SILVA; PERTEL, 2020)
Transporte de materiais no canteiro de obras	Uso do equipamento correto.	(SILVA; SANTOS; KLAMT, 2015; PEURIFOY; 2015)
Transporte de resíduos no canteiro de obras	Uso do equipamento correto.	(SEGATO; SOARES NETO, 2014).
Gerenciamento dos resíduos	Aplicação da educação ambiental e da logística reversa.	(SILVA et. al., 2015; HOUSSEINI et al., 2015; SANTOS; MARCHESINI, 2018)

Fonte: Autor.

3.1.1 Medidas aplicadas na escolha de processos ou sistemas construtivos

a) Escolha por sistemas ou processos construtivos racionalizados

Gehbauer (2004) cita que a racionalização construtiva é o conjunto de ações que tem por objetivo otimizar o uso de todos os recursos disponíveis, em todas as fases do empreendimento analisando metodicamente as estruturas e processos existentes, com a finalidade de descobrir pontos fracos, como exemplo, tempos de espera desnecessários, falhas na preparação e transmissão de informações, estoques intermediários evitáveis e percursos de transporte demasiadamente longos, depois, é perceber as possibilidades de melhoria, analisá-las e introduzi-las para assim testa-las e serem aceitas pelos envolvidos.

Para a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2020) os sistemas construtivos racionalizados, transformam os canteiros em verdadeiras linhas de montagem, aumentando a produtividade, reduzindo custos e melhorando a qualidade. “A utilização desses sistemas permite o retorno antecipado do investimento, pois a execução do cronograma torna-se mais dinâmica. Gehbauer (2004), cita que além de melhorar a gestão, aumenta a produtividade e a competitividade, pois reduzem os desperdícios e o volume de resíduos nas obras, com ganhos para o meio ambiente. São exemplos destes sistemas: paredes de concreto moldadas em in loco, alvenaria com blocos de concreto alvenaria com blocos cerâmicos para alvenaria racionalizada e argamassa projetada (Figuras 11, 12, 13, 14), respectivamente.

No caso da alvenaria, a execução padronizada evita perdas por cortes dos blocos cerâmicos seja para obedecer a dimensão do vão ou para execução de passagens de tubulações e colocações de caixas para instalações diversas, por já estarem pré definidas em projetos.





<p>Figura 11 - Alvenaria racionalizada de bloco cerâmico.</p>	<p>Figura 12 - Alvenaria racionalizada de bloco de concreto.</p>
	
<p>Fonte: Autor.</p>	<p>Fonte: Autor.</p>

Figura 13 - Parede de concreto moldada in loco.	Figura 14 - Argamassa projetada.
	
Fonte: Autor.	Fonte: Autor.

Dondo (2017) cita a importância da substituição de sistemas tradicionais por processos racionalizados, como: estruturas metálicas, pré-moldados e vedações em drywall.

✓ Pré-fabricados em concreto

Os pré-fabricados de concreto tornaram-se fundamentais na construção civil por serem econômicos, já que não há desperdícios, materiais e recursos na sua execução e montagem. Para se agregar a vantagem da velocidade na construção do edifício, ressalta-se que o processo deve ser cuidadosamente planejado e os intervenientes devidamente identificados (WANG; LI; TAM, 2015).

A construção do edifício não está baseada simplesmente na montagem dos elementos na concepção da arquitetura diversificada, mas em uma série de fatores econômicos, logísticos, organizacionais e culturais (WANG; LI; TAM, 2015). Ainda segundo os autores é importante a adoção de materiais pré-moldados nos projetos para que sejam de baixo desperdício.

✓ Estruturas metálicas

As estruturas metálicas apresentam características e vantagens como a flexibilidade arquitetônica, precisão dimensional, velocidade de execução e por se aproximar da visão de sustentabilidade e redução do impacto ambiental da construção civil, com conseqüente redução de resíduos (DONDO, 2017)

✓ Drywall

No atual setor da Construção Civil, entre tantos métodos construtivos tecnologicamente

racionalizados, pode-se citar a execução do Sistema de Gesso Acartonado (ESGA) para fechamento vertical. De acordo com a definição da Associação Brasileira de Drywall – ABD (2018), a concepção básica do sistema de paredes é de uma estrutura leve em perfis de chapas de aço galvanizado, constituída basicamente por guias e montantes, sobre os quais são fixadas chapas de gesso, em uma ou mais camadas, gerando uma superfície pronta para receber o acabamento final, que pode ser pintura, papel de parede, cerâmica e laminados plásticos,

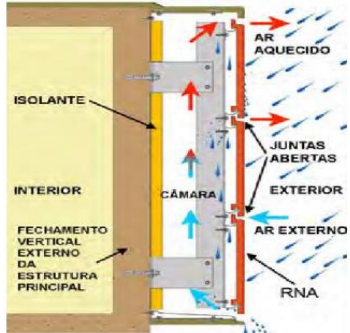

Ainda, conforme com a ABD (2018), as vantagens das chapas em drywall são: ganho de área; menor peso; facilidade de execução de instalações embutidas; desempenho acústico; superfície lisa e precisa; facilidade de manutenção das instalações; rapidez, acelera cronograma, reduz prazo; vantagens econômicas e ambientais como redução de perdas e pouca geração de resíduos, quando comparados a sistemas de alvenaria convencional.

b) Escolha por sistemas ou processos construtivos inovadores

Segundo Duarte, Machado e Paschoalin Filho (2019), a competitividade do mercado da construção civil e a indispensabilidade de executar uma obra com menor custo, menor utilização de mão de obra e menor geração de resíduos, têm levado as empresas a buscar por inovações para melhoria na qualidade e na racionalização dos processos construtivos. Dentre a variedade de sistemas construtivos inovadores, destaca-se alguns, devido ao emprego de técnicas sustentáveis de execução e composição como: sistemas de fachadas ventiladas (SFV); formas metálicas incorporadas; estaca terra-probe sem adição de material e vedações verticais inovadoras (FREITAS et al., 2015; BEZERRA, 2018; AMORIM, 2019; DUARTE; MACHADO; PASCHOALIN FILHO, 2019).

✓ Fachadas ventiladas

Mendes, Morais e Brandão (2016) citam que as fachadas ventiladas consistem de um sistema de revestimento externo não aderido, composto por painéis fixados a um conjunto de perfis estruturais metálicos, parafusos e chumbadores localizados na parede da edificação, no qual, forma-se um vazio que canaliza a circulação do ar no espaço por convecção térmica, entre o revestimento e a parede; fenômeno conhecido também como efeito chaminé onde o ar frio entra pela parte inferior do vão, é aquecido e sai pela parte superior, criando um “colchão” que isola termicamente a construção (Figuras 15 e 16).

<p>Figura 15 - Funcionamento de fachada ventilada.</p>	<p>Figura 16 - Desenho esquemático da fachada ventilada.</p>
	
<p>Fonte: Bezerra (2018).</p>	<p>Fonte: Bezerra (2018).</p>

Bezerra (2018) cita que o investimento inicial no sistema de fachadas ventiladas (SFV) supera o investimento no revestimento cerâmico aderido. Todavia, ao longo do tempo, considerando que a manutenção do SFV ocorre em um tempo mais longo comparado ao sistema tradicional, os custos se diluem, e se transformam em diferenciais competitivos impregnados do arsenal tecnológico disponível no mercado.

Além do exposto, não se pode olvidar que o impacto ambiental decorrente do SFV é bem menor comparado ao revestimento tradicional. Igualmente, reduz-se a geração de resíduos sólidos decorrentes dessa opção, por garantir obras com execuções mais enxutas, não necessitando de todas as etapas de execução quando comparadas as estruturas convencionais de revestimento cerâmico; e também por utilizar de painéis e dispositivos de fixação pré-fabricados e leves (BEZERRA, 2018).

A fachada ventilada é considerada uma solução construtiva sustentável que alia inovação e eficiência energética auxiliando na melhoria do conforto térmico, já que é capaz de reduzir entre 30% a 50% do consumo de energia de um edifício. Além das vantagens citadas, outro diferencial do sistema é que os materiais utilizados em sua composição são 100% recicláveis (MATERIALS, 2015). Dentre da variedade de materiais empregados pode-se destacar como principais os seguintes: cerâmica, grês porcelanato, pedras naturais, placas fenólicas, vidro, alumínio composto, painéis fotovoltaicos, naturocimento e madeira.

- ✓ Formas metálicas incorporadas

Freitas et. al. (2015) citam que as fôrmas metálicas incorporadas ou perdidas são compreendidas

de uma estrutura metálica nervurada com orifícios onde são montadas juntamente com armações, onde são incorporadas a estas, tornando-se parte da estrutura. Os orifícios presentes na estrutura aliviam a pressão durante o lançamento do concreto, reduzindo a necessidade de escoramento (FREITAS et. al., 2015). Ainda segundo o autor para evitar a fuga excessiva de nata do concreto, devido aos orifícios presentes no painel galvanizado, o concreto deve ter o *slump test*, ou teste de abatimento, mais baixo que o usual, não devendo se utilizar o concreto autoadensável (Figura 17).

Figura 17 - Detalhe e montagem de forma perdida em fundação.



Fonte: Freitas et. al. 2015.

De acordo com Freitas et. al. (2015), esse tipo de fôrma é mais indicado quando há dificuldade de realizar desforma e/ou escavação do solo, ou quando há uma maior necessidade de produção, com objetivo de reduzir o prazo de execução da obra.

Para Freitas et. al. (2015), uma vantagem significativa para o uso desse sistema, é o não reaproveitamento do material, o que garante a sustentabilidade do produto, pois não se transforma em resíduos no pós obra, por não serem realizadas desformas, não há necessidade da guarda e descarte de peças usadas, como acontece com as formas de madeira. Também se verifica a redução da mão de obra e do tempo estabelecido pelo cronograma físico da obra. Contudo, devido ao seu acabamento, este tipo de forma deve ser empregado em peças que ficarão enterradas, como no caso de fundações, pois para estrutura aparente deve ser feito acabamento com argamassa, o que para esses casos, seria mais recomendável um tipo de fôrma que já permita terminar a peça acabada (FREITAS et. al., 2015).

- ✓ Estaca Terra-probe sem adição de material

Terra-probe sem adição de material consiste em um método de compactação do solo que utiliza como principais ferramentas um vibrador e um tubo de diâmetro específico, que mediante vibrações verticais, introduz o tubo no solo com o objetivo de densificação do terreno, sem

injeção de água ou material melhorado (AMORIM, 2019). O terra-probe é eficaz para solos arenosos fofos ou pouco compactos. Entretanto, o método de terra-probe (Figura 18) sem introdução de material apresenta desafios, ainda, para solos arenosos medianamente compactos (AMORIM, 2019). Consiste em método sustentável por não necessitar de materiais granulares em comparação as estacas de melhoramento de solo convencionais e não gerar resíduos de construção em comparação estacas pré-moldadas por não necessitar de arrasamento das sobras das estacas.

Figura 18 - Cravação do tubo pelo método de terra-probe sem introdução de material.



Fonte: Pôrto (2020).




De acordo com Massarsch e Fellenius (2015), esse método vem sendo utilizado nos últimos 10 anos na Região Metropolitana do Recife pelos projetos geotécnicos de melhoramento de terrenos. A aplicação desta técnica apresenta resultados significativos, como os apresentados no estudo de caso realizado Pôrto (2020), onde se obteve um aumento médio de 82,37% da resistência do solo.

✓ Vedações verticais inovadoras

De acordo com o Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Sistemas Inovadores e Convencionais (SINAT), um sistema inovador consiste em sistema ou subsistema construtivo que não seja objeto de norma brasileira prescritiva e não tenha tradição de uso no território nacional. Estes processos constituem inovações em relação ao processo convencional da construção civil no Brasil. Desta forma, as vedações verticais inovadoras que são adotadas devido a busca por viabilidade econômica, produtividade, redução de custos e resíduos. São exemplos destes sistemas:

- Painéis pré-fabricados de chapas delgadas vinculadas por núcleo de isolante térmico rígido (são painéis de parede, constituídos por duas chapas de aço galvalume pré-

- pintadas, preenchidas por poliisocianurato - pir), (Figura 19);
- Paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa, microconcreto ou concreto;
 - Sistema de vedação vertical externa, sem função estrutural, multicamadas, formado por perfis leves de aço zincado e fechamentos em chapas delgadas com revestimento de argamassa (Fachada leve em *steel frame*), (Figura 20);
 - Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves “*Light Wood Frame*”);
 - Alvenarias de blocos de gesso para vedações verticais internas sem função estrutural (Figura 21);
 - Sistema de vedações verticais internas e externas sem função estrutural de painéis vazados de geopolímero;
 - Paredes maciças moldadas no local de concreto leve com polímero e armadura de fibra de vidro protegida com poliéster.

<p>Figura 19 - Construção de casa em painéis de chapas de aço galvalume pré-pintadas preenchidas por poliisocianurato - PIR.</p>	<p>Figura 20 - Fachadas leves em Steel Frame.</p>	<p>Figura 21 - Vedação vertical em blocos de gesso.</p>
		
<p>Fonte: Sinat DATec N. 038</p>	<p>Fonte: Sinat DATec N. 038</p>	<p>Fonte: Autor.</p>

c) Escolha por sistemas ou processos construtivos onde possam ser aplicados o conceito de desconstrução

Gangoellis et al. (2014) destacam a importância do planejamento prévio através da desmontagem seletiva de estruturas sobre a demolição, para que os elementos retirados sejam de possível reutilização. Ainda quanto a desmontagem, pode-se reduzir os resíduos em obra introduzindo o sistema de desconstrução ou demolição seletiva, ou seja, busca-se projetar a desmontagem do edifício no sistema inverso da construção, de modo a possibilitar a

recuperação de materiais e componentes da construção, promovendo a sua reutilização e reciclagem (GANGOLELLS et al., 2014).

O conceito de desconstrução surgiu em virtude do rápido crescimento da demolição de edifícios e da evolução das preocupações ambientais (ALBUQUERQUE; SANTANA, 2018). Este tipo de construção está diretamente relacionado a industrialização das construções, onde cada vez mais são utilizados elementos modulares, elementos pré-moldados e elementos com junta seca (NAGALLI, 2014).

3.1.2 Medidas aplicadas na escolha de materiais

A utilização de materiais ecológicos ou industrializados, além de dar uma destinação ambientalmente adequada para os RCC, pode representar economias substanciais em regiões onde materiais convencionais sejam escassos ou caros (ARAÚJO, MARTINS, FERREIRA; 2019). Estes materiais, além contribuírem com o meio ambiente, possibilitam a redução da geração de resíduos por apresentarem tecnologias que permitem um maior tempo de aplicação, como no caso das argamassas industrializadas, em especial a estabilizada, por apresentar um tempo maior que as demais; e outros casos por contribuírem com o desenvolvimento sustentável, como podemos citar nas escolhas pelos aços cotados e dobrados, por apresentarem uma montagem industrializada, gerando poucos resíduos na execução de ajustes em obra, quando necessário. Uma outra iniciativa que contribui com o meio ambiente é a utilização dos tijolos ecológicos, que utilizam de materiais reciclados em sua produção, diminuindo a carga de destinação final dos resíduos no meio ambiente.

a) Aço cortado e dobrado ou aço cortado, dobrado e montado

Ao ser efetuada a compra de armadura, pode ser solicitado que a mesma venha cortada e dobrada, a fim de evitar o desperdício dentro da obra, pois, assim, a armadura vem pronta para montagem, necessitando de poucos ou nenhum ajuste. Atualmente já existe a possibilidade do aço ser entregue cortado, dobrado e montado.

Na pesquisa realizada por Raulino e Daré (2015), para os métodos executivos de armaduras, o método industrializado (corte e dobra) proporciona o menor índice de perda de aço correspondendo a uma perda de 1,23%, seguido do método industrializado (corte, dobra e

montagem) com 2,28%, e por último o método tradicional com perdas de 23,04%, em estudos comparando dos custos diretos dos serviços de armação com o método tradicional e o método industrializado para residências unifamiliares. O método do aço cortado e dobrado, assim como o aço, cortado, dobrado e montado (Figuras 22 e 23) apresentam vantagens, como:

- ✓ Elimina os custos com equipamentos para cortar e dobrar na obra;
- ✓ Elimina as perdas com sobras, pois o material entregue é exatamente o que será aplicado;
- ✓ Diminui os riscos de acidentes no corte, dobra e montagem;
- ✓ Dispensa, ou reduz, a necessidade do profissional armador na obra;
- ✓ Permite a entrega programada, ocasionando a diminuição do capital de giro;
- ✓ Necessita de um menor espaço de armazenamento;
- ✓ Garante mais rapidez na execução da obra, pois a armação chega pronta no canteiro;
- ✓ As peças chegam identificadas, prontas para colocar nas formas.

Figura 22 - Aço entregue cortado e dobrado.	Figura 23 - Aço entregue cortado, dobrado e montado.
	
Fonte: Autor	Fonte: Autor

b) Argamassas industrializadas (pré-misturadas, preparada para a mistura e ensacadas)

A argamassa industrializada é um material que pode ser comprado pronto para preparo e aplicação, no qual o operador da mistura deve se atentar apenas para o tempo e quantidade de água ou algum ligante a ser colocado no produto, sendo antes preciso calcular o volume necessário para o dia e/ou tarefa (BRAGANÇA et al., 2015).

As argamassas industrializadas são fabricadas para diversas finalidades de funções como argamassa para chapisco, emboço e assentamento de blocos e placas cerâmicas. A argamassa industrializada proporciona uma maior produtividade em comparação a argamassa tradicional,

visto que já vem preparada para mistura no canteiro. Com o uso de aditivos mais estáveis, a argamassa pré-misturada ganhou mercado. Os principais tipos de argamassas industrializadas existentes no mercado são (BRAGANÇA et al., 2015):

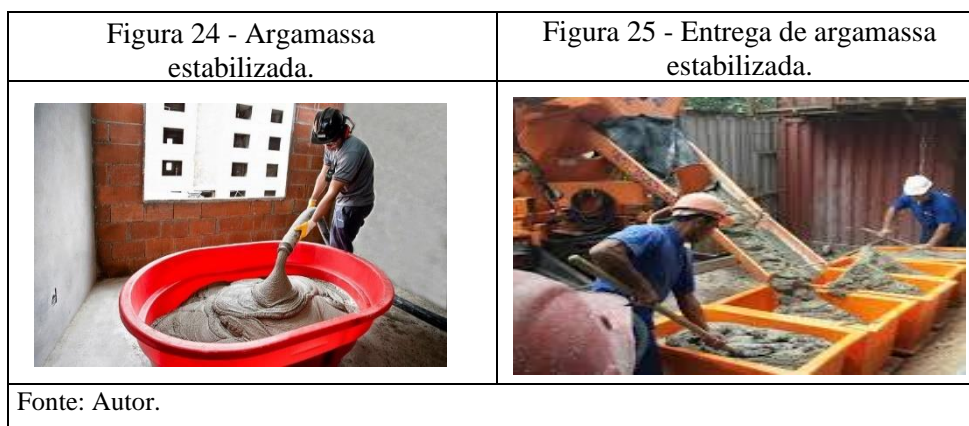
- Pré-misturadas - com materiais secos, misturados e dosados, requerendo para uso somente a adição de água no local de trabalho;
- Preparada para a mistura - incluem as argamassas de cal e areia, que requerem, às vezes, outro ligante e, sempre, alguma água no local para utilização;
- Pronta para uso - para ser usada tal como é fornecida pela fábrica, sem qualquer adição. Como é o caso da argamassa estabilizada;
- Ensacadas - misturas de agregados e aglomerantes com ou sem aditivos, prontas para uso, após a adição e mistura de água, no próprio saco, ou no local de trabalho. Estas são utilizadas para assentamento de placas cerâmicas e revestimento.

c) Argamassa industrializada (pronta para uso- estabilizada)

A argamassa estabilizada é uma argamassa pronta para uso, dosada em central e chega preparada no canteiro de obras. Sua composição é basicamente cimento, areia e também aditivos que possibilitam trabalhabilidade por até 72 horas, o que reduz substancialmente na geração de resíduos de argamassa quando comparadas as tradicionais, quando todos os materiais são dosados no canteiro de obras e também quando relacionadas as demais argamassas industrializadas por apresentar maior tempo de aplicação (BRAGANÇA et al., 2015).

Um ponto positivo é que o controle, dosagem e estocagem dos insumos básicos (cimento, cal e areia) passam a ser responsabilidade da central dosadora, o que reduz a insalubridade do manuseio de cimento e cal em pó na obra (BAUER et al., 2015). Neste contexto, o presente autor avaliou em sua pesquisa uma amostra da argamassa estabilizada enquanto a verificação do atendimento a algumas das propriedades mecânicas e reológicas exigidas pela normatização brasileira existente. Os ensaios realizados no estado fresco foram densidade, teor de ar incorporado e consistência e no estado endurecido foram resistência à tração na flexão, compressão axial e resistência potencial de aderência à tração. Os resultados obtidos demonstraram que o material estudado manteve suas características com baixas variações durante o período de tempo em aberto e atendeu satisfatoriamente os requisitos previstos na

normatização brasileira. A argamassa estabilizada (Figuras 24 e 25) proporciona uma maior produtividade e racionalidade nas obras, visto que já chega pronta ao canteiro de obras (BRAGANÇA et al., 2015).



As Figuras 22 e 23 apresentam as duas formas de entrega do material; a Figura 22 mostra a entrega da argamassa quando esta é bombeada até o pavimento da edificação; já a Figura 23 a argamassa é deposita, através do caminhão betoneira diretamente no recipiente apropriado pra este material.

d) Tijolo ecológico

O Tijolo ecológico é um modelo de tijolo feito a partir da mistura da água com solo ou outros resíduos naturais e recicláveis que não passa pelo processo de queima, o que reduz a emissão de gases poluentes na atmosfera e por não usar o barro vermelho, matéria-prima tradicional dos tijolos convencionais, evita-se também a degradação do meio ambiente causada por sua extração.

Segundo a Associação Nacional da Indústria do Tijolo Ecológico - ANITECO (2020), a produção de 1.000 tijolos ecológicos economiza de 7 a 12 árvores de médio porte, quando comparado ao bloco cerâmico. Existem basicamente 2 tipos de tijolos ecológicos, os de solo-cimento (Figura 26) e os de reaproveitamento de resíduos (Figuras 27, 28 e 29).







Figura 26 - Tijolo ecológico de Solo-cimento.	Figura 27 - Tijolo ecológico de resíduos plásticos.
	
Fonte: ANITECO (2020).	Fonte: ANITECO (2020).

Figura 28 - Tijolo ecológico de resíduos de pneu.	Figura 29 - Tijolo ecológico de resíduos de garrafa pet.
	
Fonte: ANITECO (2020).	Fonte: ANITECO (2020).

O tijolo ecológico solo-cimento tem a composição básica de solo + cimento + água. Ele também leva um pequeno percentual de cimento (geralmente o cálculo é de uma parte de cimento para oito de solo). É possível usar qualquer solo na composição do tijolo ecológico, menos a terra preta ou outra que tenha material orgânico. O tijolo ecológico de resíduos, reaproveita resíduos que seriam descartados ou fibras naturais.

e) Materiais sintéticos

A combinação de RCC com materiais sintéticos também tem sido pesquisada, tais como a borracha de pneus usados e garrafas PET. Esses materiais podem ser utilizados em substituição a materiais granulares naturais, como a brita (Figura 30), em sistemas drenantes. A presença de um geotêxtil envolvendo o material drenante alternativo (Figura 31) pode servir como um elemento de filtro para o sistema. A utilização desses materiais alternativos, além de dar uma destinação ambientalmente amigável para tais resíduos, pode representar economias substanciais em regiões onde materiais drenantes convencionais sejam escassos ou caros (ARAÚJO; MARTINS; FERREIRA, 2019).




Figura 30 - Brita utilizado em sistemas drenantes.	Figura 31 - RCC utilizado em sistemas drenantes.
	
Fonte: Araújo, Martins e Ferreira (2019).	

3.1.3 Medidas aplicadas na produção de materiais no canteiro de obras

Os cuidados na superprodução se devem ao fato de produzir um material em maior quantidade do que a necessária para realizar determinada tarefa, ou dia de trabalho, ou antecipadamente (fazendo antes que seja necessário), possibilitando a ocorrência de perdas de materiais, mão de obra, equipamentos e conseqüente geração de resíduos (NAGALLI, 2014; SANTOS; ISELLE; DIAS-SILVA, 2019).

Albuquerque e Santana (2018) afirmam que é importante perceber que o consumo excessivo de materiais pode ocorrer em diferentes fases do empreendimento, existindo a possibilidade de ocorrências de perdas em todas as fases numa obra em execução. A Figura 32 ilustra as diferentes fases citadas pelos autores, as perdas verificadas e as classifica de acordo com sua natureza.

Figura 32 - Diferentes fases de um empreendimento e as perdas de materiais.

FASES	CONCEPÇÃO 	EXECUÇÃO 	UTILIZAÇÃO 
PERDA	Diferença entre a quantidade de material previsto num projeto otimizado e a realmente necessária de acordo com o projeto	Diferença entre a quantidade prevista no projeto e a quantidade efetivamente consumida	Diferença entre a quantidade de material prevista para manutenção e a quantidade efetivamente consumida num certo período de tempo
NATUREZA DAS PERDAS	Material incorporado	Material incorporado e entulho	Material incorporado e entulho

Fonte: Albuquerque e Santana (2018).

Silva, Santos e Klamt (2015) citam que o problema da superprodução de materiais pode ser resolvido pelo acompanhamento do profissional responsável pela obra e com o treinamento dos profissionais responsáveis pelo serviço, pois, antes da execução de qualquer tarefa, é preciso calcular a quantidade requerida de materiais que será utilizada, evitando que se produza mais do que será utilizado

3.1.4 Medidas aplicadas no fluxo e estocagem de materiais

Quanto as medidas aplicadas no fluxo e estocagem dos materiais, os estoques em elevadas quantidades podem gerar perdas diretas e indiretas de materiais, pois normalmente estes são depositados sem os cuidados necessários, ficando, muitas vezes, expostos a intempéries, roubos, danos físicos e obsolescência, para o caso de materiais que possuem mais tecnologia agregada. O que torna evidente os problemas gerenciais que existem em muitas empresas desse setor, tais como a falta de planejamento, erros em orçamentos ou programação inadequada de entrega dos materiais no canteiro (NAGALLI, 2014).

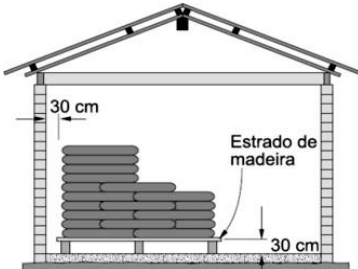
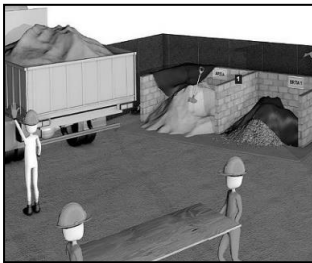
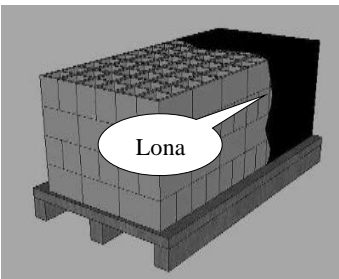
O superdimensionamento de estoque induz os operários ao desperdício, tendo a errônea ideia de que tem material de sobra, além de causar o armazenamento inadequado, seja por estarem em contato com intempéries e umidade ou por falta de controle de fluxo dos materiais que entram e saem do estoque, dificultando também o acompanhamento da validade de alguns produtos. Como exemplo, cita-se os sacos de cimento, cal e argamassa empilhados em excesso, ou em contato diretamente com o piso ou paredes e em locais descobertos (SILVA; SANTOS; KLAMT, 2015). Isso poderá causar danos nestes materiais, antes mesmo de eles serem utilizados. Os autores citam os cuidados a serem realizados na estocagem como: armazenar o cimento em local arejado e protegido de sol e chuva sobre estrado de madeira com 30 cm de altura e distante 30 cm da parede, conforme detalhado na Figura 33.

Silva, Santos e Klamt (2015) citam também que a quantidade de sacos a serem empilhados vai depender do tempo em que ficarão armazenados. Assim, deve-se empilhar 10 sacos se o tempo de armazenamento destes for superior a 10 dias e 15 sacos se o tempo de armazenamento destes for inferior a 10 dias e ter cuidados com a distância dos mesmos com relação às paredes e ao piso, pois, desta forma evita-se que eles fiquem em contato com a umidade existente nesses locais. No caso de materiais granulares como areias e britas faz-se necessário a construção de baias com piso impermeabilizado, confinando os mesmos afim de evitar perdas por chuvas ou

ventos (Figura 34).

Os pisos cerâmicos e azulejos devem ser mantidos em suas embalagens, para impedir que sejam danificados e empilhados até uma altura máxima de 1,50 metros - para se evitar acidente do trabalho e devem ser protegidos da umidade – cobertos com uma lona ou cobertura fixa que impossibilite o acesso de chuvas (visto que as lonas possuem pouca vida útil) e depositados próximos aos seus locais de aplicação, evitando longas distâncias de transporte e possíveis quebras.

Os blocos para alvenaria devem ser armazenados de forma que não fiquem em contato com o piso – podendo ser colocados em cima de paletes, em pilhas de no máximo 2,0 metros de altura ou entregues em paletes que facilita o transporte dos mesmos na obra, todos devem ser cobertos com lona ou sob cobertura fixa, a fim de evitar as ações das intempéries (Figura 35).



Figura 33 - Armazenamento de sacos de cimento.	Figura 34 - Armazenamento de materiais granulares.	Figura 35 - Armazenamento de blocos para alvenaria
		
<p>Fonte: Silva et al., 2015.</p>		

Para resolução do problema de superdimensionamento de estoque, deve ser dada atenção especial na hora da compra dos materiais. O material, sempre que possível, não deve ser comprado todo de uma única vez, pois em muitos casos pode ocorrer mudanças no andamento da obra, o que resultará em desperdícios ou quando comprado de uma única vez deve-se agendar as entregas do material de acordo com o andamento da obra, buscando que os mesmos cheguem na obra somente poucos dias ou semanas antes de serem utilizados. Dessa forma, evita-se o acúmulo de materiais na obra, além de que os mesmos fiquem expostos a situações adversas que podem vir a degradá-los (SILVA; PERTEL, 2020).

3.1.5 Medidas aplicadas no transporte de materiais no canteiro de obras

Nagalli (2014) cita que, para se conseguir maior eficiência da produção, como medida para a redução de RCC as empresas construtoras devem evitar o transporte, ao invés de simplesmente mecanizá-lo. Assim sendo, melhorias podem ser conseguidas através: do aprimoramento do *layout* dos canteiros, da manutenção da limpeza nos canteiros, melhoramento na programação dos serviços e maior precisão no sistema de informações. Quando, destaca também que além do tempo que é gasto no transporte em si, ainda existe o tempo e o esforço empregado no carregamento e na descarga dos materiais, muitas vezes superior ao gasto com a atividade de transportar.

Com relação ao transporte dos materiais, este pode ser realizado de forma horizontal (que ocorre em um mesmo pavimento) ou vertical (entre pavimentos). Nesse sentido, convém chamar a atenção que cada material tem uma forma correta de ser transportado horizontalmente, a fim de evitar que os mesmos sejam danificados (SILVA; SANTOS; KLAMT, 2015). Um exemplo da forma inadequada de transporte é o carregamento de blocos em carrinhos de mão, já que dessa maneira muitos acabam sendo quebrados ou danificados. Sugere-se carregá-los como demonstrado na Figura 36, através de porta pallet. Sacos de cimento, cal e argamassa devem ser carregados em carrinho de mão, já que se o funcionário carregar no ombro corre o risco de rasgá-los e de ter doença do trabalho, gerando, desta forma desperdício de materiais e consequentemente resíduos. Verifica-se na Figura 37 que o transporte vertical pode ser feito com o auxílio de guinchos ou elevador de carga. Para isso coloca-se o equipamento de transporte horizontal, como carrinho de mão, dentro do equipamento de transporte vertical e, assim, efetua-se o transporte vertical.

<p>Figura 36 - Forma adequada de transporte horizontal de blocos com o auxílio de Porta Pallet.</p>	<p>Figura 37 - Forma adequada de transporte vertical de blocos com o auxílio de guinchos ou elevador de carga.</p>
	
<p>Fonte: Silva et al., 2015.</p>	



De acordo com Peurifoy (2015), os equipamentos de transporte são classificados em móveis, fixos e semimóveis ou semifixos e divididos em dois grandes grupos: transporte de matérias e transporte de pessoas. Os móveis são aqueles que devem ser “guardados” ao final do dia de trabalho (PEURIFOY, 2015). São os equipamentos de transporte horizontal, como carros de mão, porta-pallets, jericas, pá carregadeiras, caminhões basculantes e caminhões com guincho.

Os fixos são aqueles que devem ser localizados nas posições mais otimizadas possíveis. São os equipamentos de transporte vertical de como elevadores de obra; guias, guinchos, rampas de descarga e talha. Os semimóveis ou semifixos são aqueles cuja a característica é de se deslocar com a frente de trabalho.

Portanto, o transporte adequado é de suma importância para o transporte de materiais dentro do canteiro de obras, visto que muitos dos resíduos são gerados em consequência da quebra ou desperdício neste serviço; além do transporte inadequado ocasionar danos a estes equipamentos como quebra, tornando-os, por vezes obsoletos ou gerando manutenções excessivas.

3.1.6 Medidas aplicadas no transporte de resíduos no canteiro de obras

Em geral, o deslocamento horizontal dos resíduos é realizado em carrinhos-de-mão e jericas; e o deslocamento vertical é realizado em tubos condutores de resíduos, conforme Figuras 38 e 39, ou elevadores de carga.

<p>Figura 38 - Tubo coletor de resíduos na fachada.</p>	<p>Figura 39 - Tubo coletor de resíduos fixado no pavimento da edificação.</p>
 <p>Caçamba protegida com lona</p>	
<p>Fonte: Autor.</p>	

O tubo coletor de resíduos pode despejá-lo diretamente na caçamba, e para uma maior proteção da saúde dos trabalhadores ou vizinhança a mesma pode ser envolvida com lona para evitar a propagação de material puerulento no local.

Já o transporte externo pode ser realizado através de caminhão com equipamento poliguindaste, caminhão com caçamba basculante ou outro veículo de carga, de acordo com tipo de resíduo, sendo executado por empresas de coleta de RCC contratadas pela construtora, que devem ser cadastradas e credenciadas pelo órgão municipal fiscalizador (SEGATO; SOARES NETO, 2014).

O transporte inadequado de resíduos, dentro dos canteiros de obras, pode ocasionar que os mesmos se espalhem no ambiente, gerando mais resíduos, poluindo, desta forma, o ambiente ou ocasionando, por vezes, acidentes dos operários em contatos com estes.

3.1.7 Medidas aplicadas no gerenciamento dos resíduos

a) Educação ambiental

Observa-se em muitos canteiros de obras a negligência da questão ambiental, quase sempre acompanhado de uma postura reativa das empresas no que concerne às obrigações ambientais, é um comportamento que, para ser modificado, necessita de práticas de sensibilização e mobilização quanto ao entendimento da influência que as ações da indústria da construção têm sobre o meio positiva e negativamente, além da questão econômica, haja vista que o respeito ao ambiente e o combate ao desperdício apresentam-se como diferenciais benéficos à toda organização (SILVA et al., 2015)

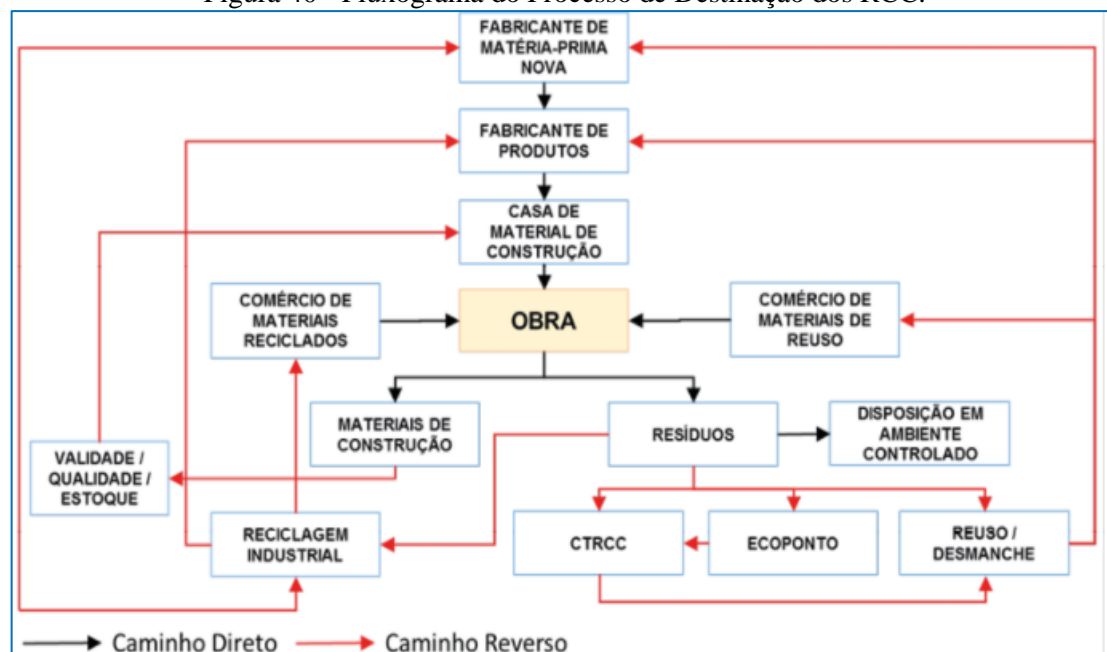
Por meio da educação ambiental pode-se sensibilizá-los conforme sejam fornecidas informações de como sua atuação tem influência sobre o meio (NAGALLI, 2014). A sensibilização dos envolvidos deve ser realizada em palestras, treinamentos, dinâmicas e outras abordagens educativas que facilitem o ajuste do comportamento das pessoas aos objetivos propostos. Essas práticas educacionais devem ser aplicadas durante todo o processo de construção, contribuindo desta forma para a implantação de gerenciamento de resíduos eficiente. Com a sensibilização, mobilização e educação ambiental dos trabalhadores no canteiro de obras, há maior prevenção de falhas no planejamento das etapas de segregação, acondicionamento e transporte dos resíduos, além do ganho social, já que o emprego do conhecimento adquirido não se restringe ao ambiente de trabalho, podendo ser aplicável no dia-dia das pessoas (SILVA et al., 2015).

b) Logística Reversa

De acordo com Housseini et. al. (2015) e Santos e Marchesini (2018), a logística reversa trata do movimento dos produtos, bens e materiais, do ponto de consumo para sua origem. Assim, de acordo com o autor, as operações de logística reversa da denominada cadeia de suprimentos reversa, tendem a ser mais difíceis de implementar, em razão da grande variedade de materiais (de diversas composições), dos diferentes níveis de deterioração destes e das formas de utilização.

Os autores destacam a necessidade de transformar-se este processo linear (e danoso ao meio ambiente) em algo cíclico com o estabelecimento de garantia do retorno dos resíduos gerados às atividades construtivas. Levando em consideração o processo circular de descarte e os canais de distribuição pós-consumo, é possível desenhar de forma resumida um fluxograma que exemplifique de maneira teórica como é o processo da logística reversa para os resíduos de construção civil (SANTOS; MARCHESINI, 2018), apresentado na Figura 40.

Figura 40 - Fluxograma do Processo de Destinação dos RCC.

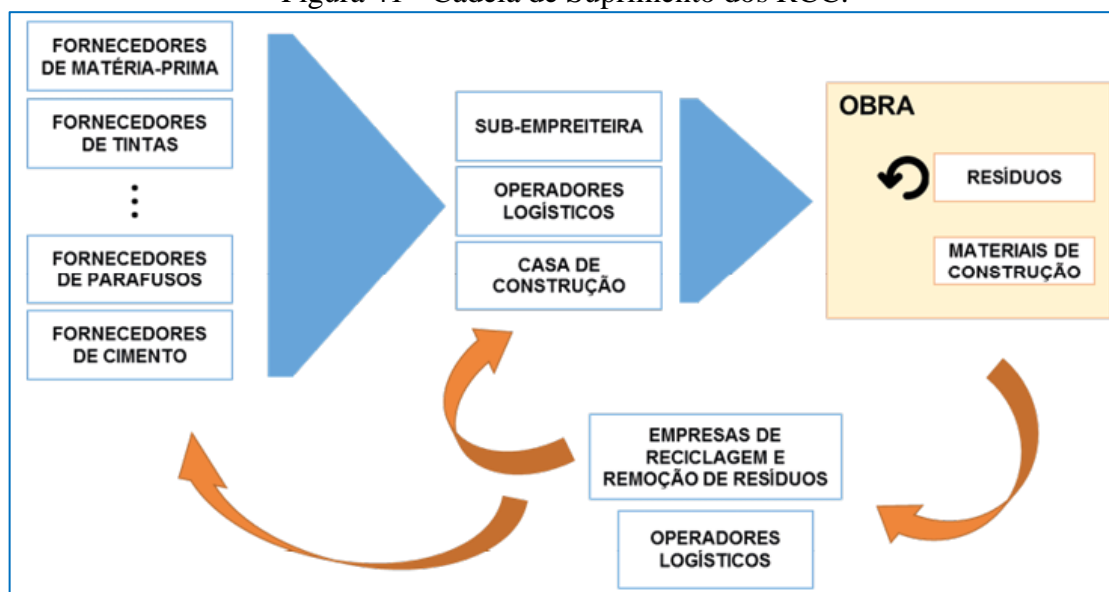


Fonte: Santos e Marchesini (2018).

Na Figura 41 é possível observar a cadeia de suprimentos dos RCC. Nela são encontrados os fornecedores, que compõem a montante, tendo o fluxo direto da cadeia apresentado na parte superior da Figura e um possível fluxo reverso na parte inferior.

De acordo Santos e Marchesini (2018), os resíduos podem ser reaproveitados na própria obra, por isso a indicação na imagem. Os operadores logísticos mencionados são as empresas que fazem o transporte dos resíduos entre a obra e o destino adequado.

Figura 41 - Cadeia de Suprimento dos RCC.



Fonte: Santos e Marchesini (2018).

Na visão Housseini et. al. (2015), os motivos para as empresas construtoras implementarem ações de logística reversa seriam os mesmos que àqueles que motivam a indústria tradicional, ou seja, a possibilidade de se obter mais lucros com a redução dos custos de destinação e possibilidade de comercialização dos resíduos; além de aspectos legais e melhoria de imagem junto a consumidores e a todos envolvidos na cadeia de produção.

3.2 Medidas para a reutilização dos resíduos gerados

A necessidade de reutilizar os resíduos não resulta apenas do ponto de vista financeiro, mas trata-se de uma atitude fundamental para a preservação do meio ambiente (RIBEIRO; MOURA; PIROTE, 2016). Os autores ainda definem reutilização como uso de materiais sem complexas transformações, possibilitando o uso não só no local gerador como em outros locais, proporcionando, desta forma, menor extração de recursos naturais, redução do volume dos resíduos em aterros sanitários e busca por formas apropriadas para o descarte. Desta forma, a seguir cada uma das ações elencadas no Quadro 9 serão apresentadas, conforme a bibliografia consultada, destacando-se as principais medidas de reutilização de resíduos na construção de edifícios.

Quadro 9 - Medidas de reutilização dos RCC.

RESÍDUO	APLICAÇÃO	AUTORES
Solos, areia e argila	Aterros ou reaterros.	Santos e Marchesini (2018)
	Reutilização dos resíduos de solos, areia e argila em obras viárias.	Leite et al. (2018)
Rochas	Muros de arrimo, jardinagem ou a aplicação de resíduo de rochas britadas na produção de blocos vazados de concreto simples para alvenaria de vedação.	Nagalli (2014), Segato e Soares Neto (2014)
Blocos, placas cerâmicas e concreto	Bases de pisos, enchimentos, pavimentação e concretos sem função estrutural.	Nagalli (2014)
	Reutilização dos resíduos de concreto para nivelar o canteiro de obras.	Tam e Hao (2016)
	Os restos de cerâmicas e pisos podem ser reutilizados em outros pisos, em trabalhos artísticos como mosaicos, em bordas de espelho, em bordas de escada, ou em paredes.	Ribeiro, Moura e Pirote (2016)
Madeira	Formas, escoras, travamentos, cercas e portões.	Nagalli (2014)
	Pode ser utilizada como combustível em fornos de aquecimento.	Segato e Soares Neto (2014), Ribeiro, Moura e Pirote (2016).
	Fabricação de caixas para passagem de instalações em elementos estruturais. Serve também para ser utilizada em andaimes quando em bom estado e outros serviços que não exigem grande capacidade de suporte.	Bertol (2015)
	Construções provisórias para estoque de materiais, baias e sinalizações.	Santos e Marchesini (2018)
Gesso e placas de gesso acartonado	As placas de gesso podem ser readequadas em área comum e os resíduos de gesso aproveitados na agricultura, devido ao seu efeito fertilizante.	Nagalli (2014); Pinto, Dos Santos e Catunda (2015)
Plástico	Para acondicionamento de outros materiais caso não haja risco de contaminação.	Santos e Marchesini (2018)
Louças, metais sanitários, esquadrias e telhas	Aproveitamento nas instalações provisórias ou até mesmo na construção nova.	Santos e Marchesini (2018)
Metal	Os resíduos de metal podem ser reutilizados em outras obras, para confecção de tapumes, bandejas de proteção e andaimes.	Ribeiro, Moura e Pirote (2016); Santos e Marchesini (2018)

Fonte: Autor.

De acordo com o Quadro 9 acima são vários os materiais utilizados nas construções que possibilitam serem reutilizados tanto na obra como fora dela, além do leque de reutilizações não se restringe apenas para as funções que deram origem a estes resíduos.

3.2.1 Aplicação de resíduos reutilizados de solos, areias, argilas e rochas

Os solos retirados podem ter diversos usos. Se for somente a capa vegetal do terreno antigo, ela pode ser reutilizada para paisagismo na própria obra. Já o solo, se estiver em boas condições,

pode ser utilizada para uso posterior na obra, como em reaterros (SANTOS; MARCHESINI, 2018).

De acordo com Leite et al. (2018), os resíduos de solos, areia e argila podem ser reutilizados em obras viárias e resíduos de rocha podem ser reutilizados em obras de muros de arrimo ou em jardinagem (NAGALLI, 2014).

Conforme com Segato e Soares Neto (2014), os agregados de rochas britadas podem ser substituídos de forma total ou parcial pelos agregados convencionais (como a areia, seixo, pedra britada e pó de pedra) na produção de blocos vazados de concreto simples para alvenaria de vedação.

3.2.2 Aplicação de resíduos reutilizados de blocos, placas cerâmicas e concreto

Ribeiro, Moura e Pirote (2016) destacam em seu trabalho a importância da logística reversa como forma de auxiliar na otimização dos recursos utilizados na indústria da construção civil, tendo como intuito orientar a reutilização resíduos gerados. Ainda conforme com os autores a reutilização pode se dar de várias formas como a reuso de restos de cerâmicas e pisos em outros pisos, ou em trabalhos artísticos, como mosaicos feitos com restos de cerâmicas de construções, que deixa o ambiente rústico e bonito ao mesmo tempo. Pode ser também utilizado em bordas de espelhos, bordas de escada e até mesmo na parede.

Os resíduos de blocos de concreto podem ser reutilizados como bases de pisos, enchimentos, pavimentação e concretos sem função estrutural (NAGALLI, 2014) e os de resíduos de concreto podem ser utilizados para nivelar o canteiro de obras (TAM; HAO, 2016). De acordo com Santos e Marchesini (2018), as sobras de concreto possuem diversos locais para serem reutilizadas, sempre em locais que não exigem controle tecnológico rigoroso, como: enchimento de caixões perdidos; aterramento de valetas junto ao solo; concretos de piso para abrigos de automóveis; estrado sobre o solo para lançamento de contrapiso e calçada; estabilização dos acessos ao canteiro.

3.2.3 Aplicação de resíduos reutilizados de madeira

Os resíduos dos canteiros de obras podem ser empregados novamente como material de

construção se devidamente separados e armazenados (BERTOL, 2015). Fabricação de caixas para passagem de instalações em elementos estruturais. Serve também para ser utilizada em andaimes quando em bom estado e outros serviços que não exigem grande capacidade de suporte (BERTOL, 2015).

De acordo com Santos e Marchesini (2018) os resíduos de madeira estão entre os mais reutilizados, pois estes são reaproveitados ao máximo enquanto ainda tiverem resistência mecânica. Ainda segundo os autores eles podem ser utilizados para confeccionar sinalizações, construção provisória para estoque de materiais e baias para resíduos, cercas e portões, entre. Seu consumo na obra tem sido reduzido através do uso de materiais metálicos para certas aplicações, como nos andaimes, escoramentos e proteções para altura.

3.2.4 Aplicação de resíduos reutilizados de gesso

Os resíduos do gesso, se armazenados adequadamente em local seco, como em caixas com piso concretado ou caçambas, readquirem características químicas da gipsita, minério extraído o gesso e que pode ser reutilizado, sendo aproveitada na agricultura, devido ao seu efeito fertilizante (fonte de enxofre e de cálcio), ação corretiva de solos sódicos, funcionando como um condicionador de subsuperfície e de esterco (LEITE et al., 2018). Os resíduos de placas de gesso podem ser readequados em área comum (NAGALLI, 2014).

3.2.5 Aplicação de resíduos reutilizados de RCC, louças sanitárias, plástico e metais

Conforme Santos e Marchesini (2018), os resíduos não necessariamente precisam ser reciclados para serem usados na obra. Eles podem ser também reutilizados quando nenhum controle rigoroso da qualidade é exigido. São opções:

- ✓ Enchimento de valas e aterros com resíduos classe A dos processos de demolição;
- ✓ Aproveitamento de embalagens, as quais são resíduos classe B, para acondicionamento de outros materiais, sempre que não houver riscos de contaminação ou alteração das características do novo material acondicionado
- ✓ Reutilização de resíduos classe B, como metais e madeira, para confecção de sinalizações, construções provisórias para estoque de materiais e baias para resíduos;
- ✓ Reaproveitamento de escoramento e andaimes metálicos;
- ✓ Reutilização de resíduos de solo para reaterros;

- ✓ Aproveitamento de louças, metais, esquadrias e telhas nas instalações provisórias ou em novas construções;
- ✓ Tambores (plástico ou metais) de materiais em reserva de água e outros materiais;
- ✓ Metais para andaimes e proteções para altura.

3.3 Medidas para a reciclagem dos resíduos gerados

O Brasil tem grande potencial para a ampliação da reciclagem de RCC, mas algumas barreiras como dificuldade de introdução de novas tecnologias na construção civil, concepção errônea que um produto confeccionado com a utilização de resíduos possui qualidade inferior de produtos confeccionados com matérias primas virgens, sensação de risco de baixo desempenho com relação ao uso de novas tecnologias, custo baixo dos agregados naturais e falta de cultura para segregação de resíduos são alguns dos fatores que estão relacionados a esse atraso (DUARTE; MACHADO; PASCHOALIN FILHO, 2019).

Os resíduos de construção, quando reciclados, possuem potencial tanto na utilização em obras, bem como na manufatura de novos materiais de construção; desta forma diversas empresas adotaram a reciclagem de seus resíduos, proporcionando, além de ganhos ambientais, economia com a obtenção da matéria-prima e encaminhando os resíduos para aterros licenciados (NAGALLI, 2014). Assim, estudos sobre reciclagem são responsáveis pela reinserção do resíduo na cadeia produtiva no setor da construção civil, portanto, vários resíduos gerados na execução de obras possuem a possibilidade de reciclagem, como os resíduos de concreto, agregados, cerâmica, madeira, vidro, granito, vidro, mármore, gesso, além dos resíduos mistos.

A maioria dos construtores considera a direção do fluxo de materiais na cadeia de suprimentos da Construção Civil de forma linear, ou seja, do ponto de extração da matéria-prima natural até seu consumo e descarte (HOUSSEINI et al., 2015). No entanto, uma perfeita cadeia ocorre quando o fluxo de materiais ocorre de forma cíclica, nesta forma de cadeia, os produtos e os materiais poderiam ser reintegrados em uma nova construção por meio de processos de reciclagem e recuperação (HOUSSEINI et. al., 2015).

A prática da reciclagem é importante na medida em que se preservam os recursos minerais e energéticos, fatores fundamentais para o desenvolvimento sustentável, além de permitir o aumento da vida útil dos aterros sanitários (NAGALLI, 2014).

De acordo com Duarte, Machado e Paschoalin Filho (2019) várias cidades brasileiras já implantaram usinas de reciclagem de resíduos, os quais são aplicados em obras de pavimentação de avenidas, ruas, calçamentos e rodovias. Diversos pesquisadores e técnicos têm desenvolvido trabalhos em relação à utilização dos RCC reciclados como agregados em obras de pavimentação e fabricação de argamassas, na fabricação de blocos e artefatos.

A seguir cada uma das ações elencadas no Quadro 10 são apresentadas, conforme a bibliografia consultada, destacando-se as principais medidas de reciclagem de resíduos na construção de edifícios.

Quadro 10 - Medidas de reciclagem dos RCC.

RESÍDUO	APLICAÇÃO	AUTORES
Concreto	Como agregados em obras de pavimentação, fabricação de areia reciclada, fabricação de pré-moldados, misturas asfálticas, blocos de alvenaria.	Ribeiro, Moura e Pirote (2016); Castro (2018); Duarte, Machado e Paschoalin Filho (2019).
Resíduos Mistos	Conservação e pavimentação de vias urbanas.	Duarte, Machado e Paschoalin Filho (2019).
Agregados	Material drenante em drenos profundos rodoviários, pavimentação, contenção de encostas, canalização de córregos e uso em argamassas e concreto.	Bertol (2015); Ribeiro, Moura e Pirote (2016); Araújo, Martins e Ferreira (2019).
Cerâmica vermelha	Novos tijolos e para produção de agregados na construção de pavimentos.	Reis (2006); Bertol (2015).
Alvenaria	Concreto leve com alto poder de isolamento térmico e fabricação de novos tijolos.	Castro (2018).
Madeira	Papel e papelão ou pode ser reciclada na construção de casas e móveis.	Castro (2018) e Santos e Marchesini (2018)
Vidro	Reciclado em novo vidro, em fibra de vidro, telha e bloco de pavimentação ou, ainda, como adição na fabricação de asfalto.	Su e Chen (2002)
Mármore	Concreto asfáltico	Akbulut, Gurer e Environm (2007)
Granito	materiais alternativos para a produção de argamassas.	Ribeiro, Moura e Pirote (2016).
Metais	fabricação de telhas metálicas, sapatas ou pré-moldados.	Ribeiro, Moura e Pirote (2016).
Gesso	fabricação de novas chapas de drywall; indústria cimenteira; utilização na indústria agrícola como corretivo de solo; produção de fertilizantes e aditivo em processos de compostagem e artefatos para a reciclagem de gesso.	ABD (2012)

Fonte: Autor.

3.3.1 Aplicação de resíduos reciclados de concreto

Agregados de Resíduos de Concreto conforme Duarte, Machado e Paschoalin Filho (2019) são compostos de diferentes concentrações de resíduos inertes de areia, brita, cimento, consolidados ou não em diversas granulometrias. Diversos pesquisadores e técnicos têm desenvolvido trabalhos em relação à utilização dos resíduos do concreto como agregados em obras de pavimentação, fabricação de areia reciclada, fabricação de pré-moldados, entre outros. O Quadro 11 apresenta aplicações dos resíduos do concreto por diferentes autores:

Quadro 11 - Aplicação dos de resíduos reciclados do concreto.

Reciclagem de Resíduos do Concreto		
Autores	Produção/ Execução	Observação
Duarte, Machado e Paschoalin Filho (2019)	Estes resíduos são utilizados em construção de pré-moldados sem função estrutural, meio fio, blocos de concreto e calçadas.	Essas pavimentações são empregadas nas reutilizações de resíduos reciclados como base, sub-base, revestimento primário, na forma de brita corrida ou em mistura de resíduo com o solo.
Duarte, Machado e Paschoalin Filho (2019)	Blocos de alvenaria	O autor analisou a possibilidade técnica de adicionar na produção desses blocos de alvenaria, além dos resíduos do concreto, os agregados produzidos pela britagem de RCC no sentido de acrescentar ainda mais o conhecimento referente ao desempenho destes resíduos em concreto, aos substituir os materiais convencionais por agregados de Resíduos de Concreto.
Brasileiro e Matos (2015)	Misturas asfálticas	Para pavimentação asfáltica, com a finalidade de impulsionar o seu retorno à cadeia da construção civil.
Castro (2018)	Agregado para produção de concreto asfáltico, de sub-bases de rodovias e de concreto com agregados reciclados; artefatos de concreto, como meio-fio, blocos de vedação, briquetes	O resíduo de concreto, caso passe por britagem e posterior separação em agregados de diferentes tamanhos.
Ribeiro, Moura e Pirote (2016)	Areia reciclada.	Que são resíduos processados pelas usinas de reciclagem podendo ser utilizados a partir da substituição dos agregados convencionais (areia e brita).

Fonte: Autor.

3.3.2 Aplicação de resíduos reciclados mistos

Agregados de resíduos mistos são compostos de diferentes concentrações de resíduos inertes de cor cinza (concreto) com resíduos inertes de cor vermelha (cerâmicos crus ou cozidos, de

tamanhos diversos e parte de solos ou argila). Eles são utilizados na conservação e pavimentação de vias urbanas (DUARTE; MACHADO; PASCHOALIN FILHO, 2019). Ainda segundo os autores, na pavimentação a utilização de resíduos de construção civil tem se mostrado um material bastante favorável, por apresenta viabilidade técnica e econômica. Portanto o uso de agregados reciclados em misturas asfálticas tem sido um tema interessante para a proteção do ambiente e desenvolvimento sustentável.

Ribeiro, Moura e Pirote (2016) citam a reutilização de resíduos reciclados, para aplicação em base, sub-base, revestimento primário, na forma de brita corrida ou em mistura de resíduo com o solo em pavimentações.

3.3.3 Aplicação de resíduos reciclados de cerâmica vermelha

Os agregados de cerâmica vermelha foram utilizados para fazer novos tijolos, como também se revelou num ingrediente de sucesso de argamassa (REIS, 2006). Bertol (2015) cita a utilização de resíduos de materiais cimentícios e cerâmicos para produção de agregados na construção de pavimento de estacionamento através do entulho que é triturado em um moinho de 10 HP, capaz de britar 1,5 m³ desse material por hora.

3.3.4 Aplicação de resíduos reciclados de alvenaria

O resíduo de alvenaria, incluindo tijolos, cerâmicas e pedras, pode ser utilizado na produção de concretos, embora possa haver redução na resistência à compressão, e de concretos especiais, como o concreto leve com alto poder de isolamento térmico. Pode ser utilizado também como massa na fabricação de tijolos, com o aproveitamento até da sua parte fina como material de enchimento, além de poder ser queimado e transformado em cinzas com reutilização na própria construção civil (CASTRO, 2018).

3.3.5 Aplicação de resíduos reciclados de agregados (areia, brita e brita corrida)

Para Alves (2015), a reciclagem dos resíduos de agregado é uma forma economicamente viável e ambientalmente correta de utilização dos RCC, conforme e apresentado no Quadro 12.

Quadro 12 - Usos recomendados para agregados reciclados.

Produto	Características	Uso recomendado
Areia Reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8mm, isento de impurezas, proveniente de concreto e bloco de concreto.	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.
Pedrisco Reciclado	Material com dimensão máxima característica inferior a 6,3mm, isento de impurezas, proveniente de concreto e bloco de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos, intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
Brita Reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 39mm, isento de impurezas, proveniente de concreto e bloco de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagem.
Brita Corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63mm (ou	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforços e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros
Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150mm, isento de impurezas, proveniente de concreto e bloco de concreto.	Obras de pavimentação, drenagens e terraplanagem

Fonte: Alves (2015).

Araújo, Martins e Ferreira (2019) citam a aplicação do agregado reciclado de resíduo da construção civil (RCC), provenientes da britagem de rochas, e do agregado reciclado de RCC, como material drenante em drenos profundos rodoviários.

Bertol (2015) apresenta a utilização de resíduos de agregados (areia, brita e brita corrida), para uso em pavimentação, contenção de encostas, canalização de córregos e uso em argamassas e concreto. Ribeiro, Moura e Pirote (2016) citam a reciclagem do concreto de construção ou demolição para produção de areia reciclada. Brasileiro e Matos (2015) destacam a importância de parte dos agregados tradicionais por agregados reciclados, como substituição de agregado de concreto ou de mármore por agregados reciclados para a produção de concreto asfáltico.

3.3.6 Aplicação de resíduos reciclados de madeira

A madeira caso não esteja reaproveitável na obra, pode ser triturada e usada na fabricação de papel e papelão ou pode ser usada como combustível (CASTRO, 2018). Ribeiro, Moura e Pirote (2016) citam que a madeira usada nas construções, comum em muros de proteção, montagem de caixas, pode ser reciclada na construção de casas, móveis e até em fornos para aquecimento.

3.3.7 Aplicação de resíduos reciclados de vidro

Su e Chen (2002) citam em sua pesquisa a utilização de agregados reciclados de vidro em substituição ao agregado natural nas proporções 0, 5, 10 e 15% em peso. O vidro pode ser reciclado em novo vidro, em fibra de vidro, telha e bloco de pavimentação ou, ainda, como adição na fabricação de asfalto (CASTRO, 2018).

3.3.8 Aplicação de resíduos reciclados de mármore e granito

Akbulut, Gurer e Environm (2007) utilizaram agregado proveniente de resíduo de mármore para a produção de concreto asfáltico. Ribeiro, Moura e Pirote (2016) citam a utilização de resíduo da serragem do granito e de resíduos da construção civil como materiais alternativos para a produção de argamassas, com a substituição do aglomerante por resíduo na produção de argamassas podendo ser efetuada com sucesso em teores de até 50%. Ambos os resultados comprovam a viabilidade técnica das misturas.

3.3.9 Aplicação de resíduos reciclados de metais

O metal é uma liga de carbono que, quando aquecida, é transformada em líquido. Portanto este líquido pode ser reciclado e utilizado na fabricação de telhas metálicas, sapatas ou pré-moldados. (RIBEIRO, MOURA, PIROTE; 2016).

3.3.10 Aplicação de resíduos reciclados de gesso

De acordo com a Associação Brasileira de Drywall – ABD (2012) as placas de gesso acartonado possuem aproximadamente 90% de gesso em sua composição e por isso, caso a segregação e o armazenamento dos resíduos ocorra de forma correta, em local seco e coberto, protegido da umidade e intempéries, é possível reciclá-lo. A associação em questão aponta que as principais destinações do produto resultante do processo são: fabricação de novas chapas de drywall; indústria cimenteira; utilização na indústria agrícola como corretivo de solo; produção de fertilizantes e aditivo em processos de compostagem.

Além das placas de gesso acartonado, também é passível de reciclagem os demais componentes do sistema construtivo, como destaca a Associação Brasileira de Drywall:

“Além das chapas e massas citados, os sistemas drywall são compostos por perfis estruturais de aço galvanizado, acessórios do mesmo material (como suportes niveladores e pendurais para forros), parafusos, fitas de papel para tratamento de juntas e banda acústica (fita autoadesiva de espuma colada em todo o perímetro externo da estrutura, visando compensar pequenas imperfeições da superfície de contato, bem como aumentar o índice de isolamento sonoro, assegurando o conforto acústico do ambiente). Todos esses componentes, assim como as chapas e as massas, são 100% recicláveis.” (ABD, 2012).

Conforme Segato e Soares Neto (2014), o gesso pode ser reciclado por empresas de reciclagem e pela indústria gesseira; servido de gesso para confecção de artefatos, como peças de decoração em placas, esculturas e arabescos.

Portando de acordo com as medidas de redução, reutilização e reciclagem de resíduos de construção apresentados neste capítulo, obtidas nas bibliografias consultadas, foi possível verificar que a redução dos resíduos gerados na construção de edifícios é possível através da aplicação de ações na escolha dos sistemas ou processos construtivos, dos transportes, dos materiais para a execução das obras e no gerenciamento dos resíduos; e que boas práticas de reutilização e reciclagem podem ser utilizadas para vários tipos de materiais como: concreto, agregados, madeira, gesso, plástico, granito, mármore e metais.

4 METODOLOGIA

Este capítulo está estruturado em três tópicos, o primeiro consiste em caracterizar a pesquisa apresentando a natureza, os objetivos, a abordagem do problema e os métodos que orientaram a metodologia; o segundo tópico trata da delimitação do tema, apresentado os critérios de escolha das obras estudadas e dos trabalhos científicos selecionados através do método Prisma, e por fim, o terceiro tópico que apresenta as etapas da metodologia dividido em cinco partes: pesquisa bibliográfica, pesquisa preliminar, pesquisa de campo, pesquisa complementar e análise dos resultados.

4.1 Caracterização da pesquisa

Considerando a natureza da pesquisa, o presente estudo pode ser considerado de natureza aplicada, uma vez, que o estudo sobre a aplicação dos 3R's dos RCC na construção de edifícios são consideradas medidas de redução na geração dos resíduos de construção civil.

Quanto aos objetivos, esta pesquisa pode ser classificada, em uma primeira etapa como exploratório visto que se realizou uma visita a uma empresa construtora com o objetivo de analisar as medidas para a redução dos resíduos em um canteiro de obra, através da aplicação dos 3R's e predominantemente descritiva, tendo em vista que o objetivo principal foi investigar as ações que contribuíram para a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos de construção por empresas construtoras. Portanto a caracterização da pesquisa é apresentada na Figura 42.

Figura 42 - Caracterização da pesquisa sobre aplicação dos 3R's na redução de resíduos.

Natureza	Aplicada
Objetivos	Descritiva Exploratória
Abordagem do problema	Qualitativa
Procedimentos técnicos (Métodos)	Fontes "papel" de Bibliográfica
	Fontes humanas Estudo de caso Levantamento ou Survey

Fonte: Autor.

Em síntese, de acordo com as classificações anteriormente enumeradas, a presente pesquisa pode ser descrita como uma investigação científica de natureza aplicada, com objetivo descritivo, e também, exploratório, utilizando-se de uma abordagem predominantemente qualitativa, com uso do método de estudo de caso e aplicação de *checklist*, de forma presencial em cinco obras da região metropolitana do Recife e duas obras do interior do estado de Pernambuco, sendo duas destas obras pertencentes a uma mesma empresa. Dessa forma, pode-se considerar esta pesquisa como um estudo de casos múltiplos, visto que sete obras foram estudadas, denominadas: A, B1, B2, C, D, E e F.

4.2 Delimitação do universo em estudo

4.2.1 Escolha das obras estudadas

O critério adotado para a seleção dos potenciais obras alvo da pesquisa, considerou o indicador médio de geração de resíduos da pesquisa de Lins (2020). As empresas cujas obras apresentaram indicador de geração de resíduos menor do que a média da pesquisa de Lins (2020) foram consultadas para a indicação de novas obras em andamento para que pudessem servir como estudo de caso.

Lins (2020) obteve os indicadores dos RCC da cidade do Recife, através do banco de dados de resíduos da Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (EMLURB) no período de 2018 a 2020. Foram agrupadas e analisadas informações reais de 368 obras, bem como agrupadas e analisadas por meio de métodos estatísticos, sendo: 159 obras de demolição (82 edificações com laje; 48 edificações sem laje; 13 galpões; e 16 demolições parciais); 35 obras de escavação de solos (20 semienterrados; e 15 elementos de fundação); e 174 obras de construção (80 habitacionais; 73 comerciais; e 21 reformas).

O indicador médio de geração de RCC de demolição de edificações de qualquer tipologia foi igual a 756 kg/m². Para o peso específico de escavações de subsolo e fundação obteve-se um valor médio de 1.367 kg/m³.

Os resultados apontaram indicadores médios de geração para resíduos classe A iguais a 63 e 88 kg/m² para construções com tecnologias não convencionais e convencionais, respectivamente. Os indicadores obtidos permitem previsões mais realistas dos RCC. Observe a compilação dos

dados apresentados por Lins (2020) em detrimento dos especificados pelo PGRCC da Prefeitura da cidade do Recife (PCR) no Quadro 13.

Quadro 13 - Indicadores médios de geração de RCC da Prefeitura da Cidade do Recife (PCR) e das obras pertencentes ao banco de resíduos do Recife.

Etapas	Indicadores PCR	368 Obras Banco de dados de resíduos do Recife (EMLURB)	Quantidades referentes a cada etapa	Observações
Demolição	800kg/m ²	756 kg/m ²	159	82 edificações com laje, 48 edificações sem laje, 13 galpões e 16 demolições parciais
Escavação	1.400 kg/m ³	1.367 kg/m ³	35	20 semienterrados e 15 elementos de fundação
Construção convencional	75 kg/m ²	88 kg/m ²	174	80 habitacionais; 73 comerciais; e 21 reformas (Resíduos Classe A)
Construção não convencionais		63 kg/m ²		

Fonte: Autor.

Para a pesquisa foram excluídas as obras de demolição e escavação, analisando desta forma 174 obras de construção, pertencentes a 55 empresas de construção. Das quais 49 obras, pertencentes a 19 empresas de construção apresentaram indicadores menores que a média da pesquisa de Lins (2020) e 4 empresas disponibilizaram 5 obras para estudo, na cidade de Recife e com o objetivo de obter potenciais ações voltadas a aplicação dos 3Rs na construção de edifícios, buscaram-se obras certificadas, desta forma 2 empresas disponibilizaram 2 obras para estudo na cidade de Caruaru no interior de Pernambuco.

Portanto o estudo de casos múltiplos foi realizado no 1º semestre de 2021, em sete obras de edificações residenciais, sendo duas obras do interior do estado de Pernambuco e cinco obras da região metropolitana do Recife, sendo duas destas obras pertencentes a uma mesma empresa.

Em relação à etapa do processo executivo, todas as obras encontravam-se na fase de execução de vedações verticais, cobertas, instalações e acabamentos. O Quadro 14 apresenta as características de cada empresa de construção, obra e respondente pertencente a pesquisa de estudo de caso.

Quadro 14 - Características das obras estudadas.

Obras	Dados das empresas	Dados das obras	Dados dos respondentes
A	A empresa foi fundada em 1983 em Pernambuco. É considerada uma empresa de grande porte (mais de 500 funcionários).	A obra A teve início em março de 2019 e tem previsão de término em maio de 2022. Consiste em um edifício residencial (conjunto de apartamentos) composto por 20 pavimentos. A obra contém 7.630,85 m ² de construção. Possuía as certificações de qualidade ISO 9001 e Certificação ambiental ISO 14001.	A respondente do <i>checklist</i> é engenheira civil residente.
B1	A empresa foi fundada em 1996 em Pernambuco. É considerada uma empresa de médio porte (de 100 a 499 funcionários).	A obra B1 teve início em janeiro de 2021 e tem previsão de término em junho de 2024. Consiste em um edifício residencial (conjunto de apartamentos) composto por 35 pavimentos. A obra contém 13.178,49 m ² de construção. Possuía as certificações de qualidade ISO 9001 e PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat).	O respondente do <i>checklist</i> é engenheiro civil residente.
B2	A empresa foi fundada em 1996 em Pernambuco. É considerada uma empresa de médio porte (de 100 a 499 funcionários).	A obra B2 teve início em agosto de 2019 e tem previsão de término em janeiro de 2023. Consiste em um edifício residencial (conjunto de apartamentos) composto por 23 pavimentos. A obra contém 7881,18m ² de construção. Possuía as certificações de qualidade ISO 9001 e PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat).	A respondente do <i>checklist</i> é engenheira civil residente.
C	A empresa foi fundada em 1975 em Pernambuco. É considerada uma empresa de médio porte (de 100 a 499 funcionários).	A obra C teve início em fevereiro de 2019 e tem o seu término foi em abril de 2021. Consiste em um edifício residencial (conjunto de apartamentos) composto por 14 pavimentos. A obra contém 3066,8 m ² de construção. Possuía as certificações de qualidade ISO 9001 e PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat).	A respondente do <i>checklist</i> é engenheira civil residente.
D	A empresa foi fundada em 1998 em Pernambuco. É considerada uma empresa de grande porte (mais de 500 funcionários).	A obra D teve início agosto de 2018 e tem previsão de término em março de 2023. Consiste em um condomínio residencial (conjunto de casas) composto por 2.469 casas. A obra faz parte do Programa Casa Verde e Amarela da Caixa Econômica Federal. Contém 114.314,07 m ² de construção. Possuía as certificações de qualidade ISO 9001 e PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat).	A respondente do <i>checklist</i> é engenheiro florestal da empresa que trabalha na obra, responsável pelo setor de meio ambiente.

Obras	Dados das empresas	Dados das obras	Dados dos respondentes
E	A empresa foi fundada em 1995 em Pernambuco. É considerada uma empresa de pequeno porte (de 20 a 99 funcionários).	A obra E teve início em agosto de 2018 e tem previsão de término em setembro de 2021. Consiste em um edifício residencial (conjunto de apartamentos) composto por 17 pavimentos. A obra contém 699,20 m ² de construção. Possuía certificação de qualidade ISO 9001 e a certificação ambiental Selo Casa Azul + Caixa com classificação Ouro.	A respondente do <i>checklist</i> é engenheiro civil residente.
F	A empresa foi fundada em 1992 em Pernambuco. É considerada uma empresa de pequeno porte (de 20 a 99 funcionários).	A obra F teve início em junho de 2020 e tem previsão de término em maio de 2023. Consiste em um edifício residencial (conjunto de apartamentos) composto por 13 pavimentos. A obra contém 3380,52 m ² de construção. Possuía certificação de qualidade ISO 9001.	O respondente do <i>checklist</i> é engenheiro civil residente.

Fonte: Autor.

É importante destacar que os engenheiros responsáveis pelas obras consultaram outros profissionais para contribuir com o preenchimento do *checklist*, como arquitetos e engenheiros responsáveis pelos setores de projeto e qualidade das empresas estudadas.

4.2.2 Escolha dos trabalhos – Método Prisma

Em um primeiro momento realizou-se a pesquisa bibliográfica visando proporcionar maior familiaridade com o tema abordado e na etapa seguinte a aplicação da revisão sistemática por método PRISMA.

A busca foi realizada a partir de uma seleção de artigos disponíveis no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, a qual é uma biblioteca virtual que reúne e disponibiliza a instituições de ensino e pesquisa no Brasil o melhor da produção científica internacional (CAPES, 2020), através do método *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* – PRISMA. Também foi utilizada outra fonte de pesquisa como o Google Scholar. A busca avançada foi realizada em outubro de 2020, contemplando os artigos publicados até aquela data e através das opções de pesquisa fornecidas pelos portais, pesquisando no “assunto” e no “título” do artigo.

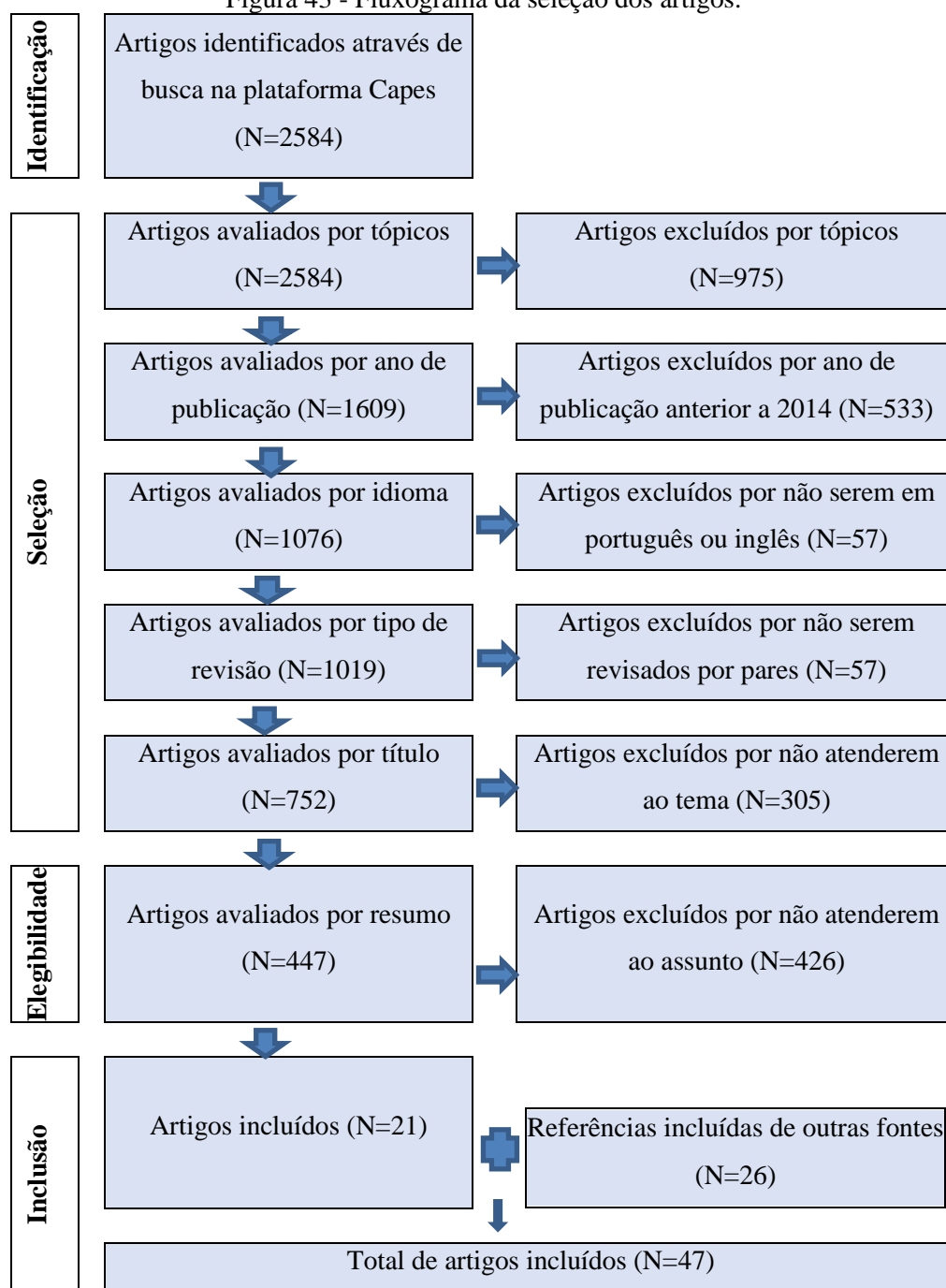
As palavras chave usadas para a busca foram em português: “Gerenciamento dos resíduos”, “Construção civil”, “Redução de resíduos”, “Reutilização de resíduos”, “Reciclagem de

resíduos”, “Sistemas de gestão ambiental”, “Vedações verticais inovadoras”, “Sistemas construtivos inovadores”, “Construção racionalizada”, “Construtibilidade”, “Logística reversa”; em inglês: “Waste management”, “Civil construction”, “Waste reduction”, “Waste reuse”, “Waste recycling”, “Environmental management systems”, “Innovative vertical seals”, “Innovative construction systems”, “Rationalized construction”, “Constructibility”, “Reverse logistics”. Foram aplicados vários critérios de seleção:

- (a) Artigos acessíveis no portal de periódicos CAPES para download gratuito;
- (b) Por pares (trabalhos científicos submetidos ao escrutínio de um ou mais especialistas do mesmo escalão que o autor);
- (c) Por ano (publicações com no máximo 6 anos de antiguidade, de 2014 até 2020);
- (d) Por idioma (trabalhos em português e inglês);
- (e) Por tópico (artigos relacionados à engenharia civil, arquitetura e construção);
- (f) Por duplicatas (trabalhos científicos não duplicados);
- (g) Por título (excluindo os artigos que não consideram algum tipo de gestão de resíduos);
- (h) Por resumo (excluindo os artigos que não contêm os parâmetros de interesse analisados na revisão); finalmente foram excluídos os estudos de revisão sistemática sem o texto completo disponível e com resumo não disponível. Também se utilizou do recurso do portal “Personalize your results” para identificar se todos os artigos selecionados estão dentro da área da pesquisa, não foi utilizado o recurso “expandir meus resultados” pois o interesse do trabalho foi apenas por textos completos.

Com o término das buscas nas bases de dados, foram identificados 2584 artigos no Portal da CAPES. Conforme a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão dos estudos, foram excluídos por tópicos 975 por não pertencerem a área de estudo, 533 por ano de publicação, 57 por não pertencerem ao idioma português ou inglês, 57 por não serem avaliados por pares, 305 por não atenderem ao tema correspondente da pesquisa, 426 após a leitura dos resumos, restando 21 artigos que foram eleitos por resumo. Após o processo de seleção e aplicação dos critérios de elegibilidade, foram incluídos mais 26 artigos nesta revisão sistemática de outras fontes de pesquisa, como o Google Scholar. Todo esse processo de seleção e aplicação dos critérios de elegibilidade podem ser observado através do fluxograma da seleção dos artigos na Figura 43.

Figura 43 - Fluxograma da seleção dos artigos.

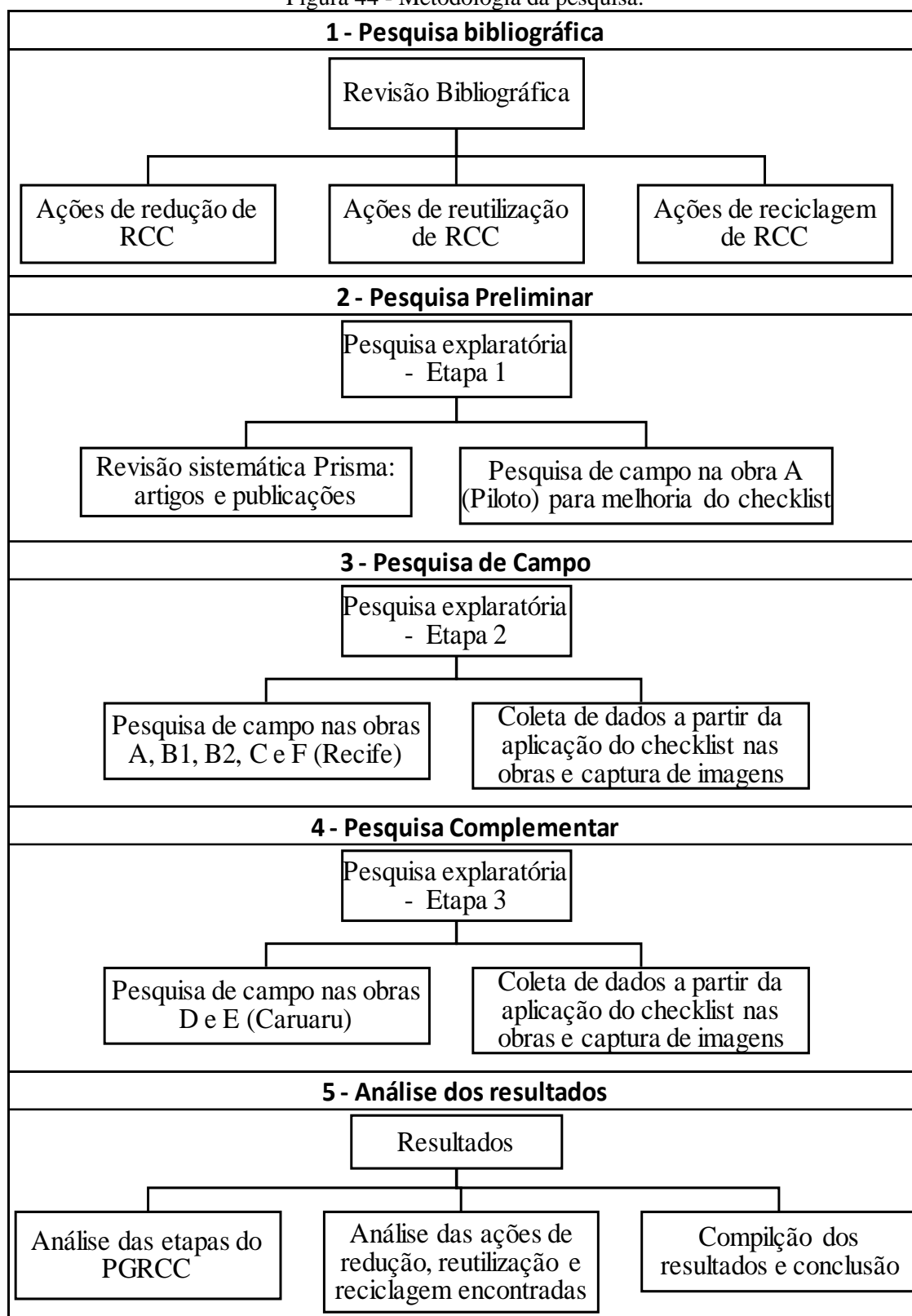


Fonte: Autor.

4.3 Etapas da Metodologia

No presente trabalho, a metodologia adotada pode ser dividida em quatro etapas distintas que respondem aos objetivos específicos apresentados, resumidamente, são: revisão bibliográfica, pesquisa exploratória, pesquisa descritiva e análise dos resultados. Essas etapas foram desenvolvidas como segue na Figura 44.

Figura 44 - Metodologia da pesquisa.



Fonte: Autor.

De acordo com o Quadro 15, segue o detalhamento das etapas apresentadas:

4.3.1 Pesquisa bibliográfica

Elaborou-se a revisão bibliográfica com base em consultas a artigos de periódicos e eventos científicos nacionais e internacionais, livros, dissertações, normas técnicas e documentos técnicos relacionados. A revisão bibliográfica envolveu os seguintes temas pertinente:

- ✓ Principais medidas para redução, reutilização e reciclagem de resíduos da construção civil, pesquisados separadamente;
- ✓ Normas e legislações aplicadas a gestão de resíduos da construção civil;
- ✓ Processos construtivos que contribuem para a redução de resíduos;
- ✓ Inovações construtivas que contribuem para a redução dos resíduos.

4.3.2 Pesquisa preliminar

Realizou-se a pesquisa exploratória para investigar e caracterizar as medidas de redução, reutilização e reciclagem utilizadas na construção de edifícios, através:

- ✓ Realização da revisão sistemática considerando as indicações do método Itens de Relatório Preferidos para Revisões Sistemáticas e Meta-análises (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses - PRISMA), baseada em artigos científicos relevantes e atuais que caracterizam o panorama atual das medidas adotadas por empresas construtoras para aplicação dos 3R's.
- ✓ Realização de visita de campo a uma obra piloto (obra A), com o objetivo de melhorar a elaboração e desenvolvimento do *checklist* (Apêndice A) para caracterização das empresas construtoras, levantando-se as seguintes informações:
 - Identificação e caracterização das empresas.
 - Estudo das etapas de implantação dos PGRCC aplicados nos canteiros de obra.
 - Levantamento das medidas de redução, reutilização e reciclagem dos resíduos implantadas nas empresas construtoras.
 - Inovações tecnológicas nos sistemas ou processos construtivos que contribuem para a redução de resíduos.

4.3.3 *Pesquisa de campo*

- ✓ Realização da pesquisa de campo nas obras A, B1, B2 e F, localizadas na cidade de Recife, com aplicação do *checklist* e captura de imagens, com o objetivo de caracterizar e analisar as medidas de redução, reutilização e reciclagens implantadas pelas empresas construtoras.

4.3.4 *Pesquisa complementar*

- ✓ Realização de pesquisa de campo em obras certificadas (C e D), localizadas na cidade de Caruaru com objetivo de obter potenciais ações voltadas a aplicação dos 3R's na construção de edifícios.

4.3.5 *Análise dos resultados*

Realizou-se a análise dos resultados para identificação das ações e inovações implantadas ou adotadas pelas empresas construtoras no gerenciamento de resíduos, assim como o levantamento das práticas apresentadas nos PGRCC das obras.

- ✓ Avaliação qualitativa das etapas dos PGRCC aplicadas nas obras.
- ✓ Avaliação qualitativa das boas práticas de aplicação dos 3R's implantadas pelas empresas construtoras, descrevendo todas as ações e inovações utilizadas nas empresas pesquisadas.
- ✓ Sintetização dos resultados obtidos, apresentando e avaliando as medidas adotadas como sistemas ou processos eficazes na redução dos resíduos.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O presente capítulo está estruturado em duas partes: na primeira são apresentados os resultados das obras estudadas, sendo este dividido em duas partes – a) a apresentação das ações para cada etapa descrita no PGRCC (caracterização, segregação, acondicionamento, transporte e destinação final), e b) medidas de aplicação dos 3R's (redução, reutilização e reciclagem) adotadas na construção de edifícios. Na segunda parte está a análise e a sintetização dos resultados.

A realização dos estudos de caso múltiplos proporcionou o conhecimento de outras práticas relacionadas aos 3Rs. A obtenção das informações foi realizada por meio da aplicação do *checklist* nas obras e a captura das imagens foi realizada durante as visitas aos canteiros. A seguir estão apresentados os resultados obtidos em cada uma das obras.

5.1 Apresentação dos resultados

5.1.1 OBRA A

a) Etapas do PGRCC

O PGRCC da Obra A foi elaborado pelo setor de Engenharia Civil da empresa em conjunto com o setor de engenharia de qualidade. A primeira e a segunda etapa do PGRCC, respectivamente a caracterização e a segregação, foram executadas de acordo com as classes e tipos de resíduos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 307/2002, todos descritos no PGRCC da obra. A caracterização dos RCC tomou como base os dados de obras anteriores e a segregação foi realizada de acordo com as classes e tipos, tomando o devido cuidado de separar os resíduos contaminados.

Para a terceira etapa, o acondicionamento, foram utilizadas lixeiras de coleta seletiva dispostas nos pavimentos (Figura 45) para a recebimento de papel, metal, plástico e resíduo não reciclável; os resíduos de maiores dimensões (exceto os de classe A) eram transportados através de carros de mão, pelo elevador de carga para posterior disposição nas baias fixas de acondicionamento, sendo estes os resíduos de: madeiras, químicos, plástico e papelão (Figura 46) e os resíduos de maiores dimensões (classe A) eram transportados através de tubos de queda

até as caçamba estacionária (Figura 47). Portanto não foram encontradas incompatibilidades entre as formas de acondicionamento e os tipos de RCC.

Figura 45 - Lixeiras de coleta seletiva.



Fonte: Autor.

Figura 46 - Baias fixas.



Fonte: Autor.

Figura 47 - Caçamba estacionária.



Fonte: Autor.

A quarta etapa, o transporte dos resíduos, tinha como responsável o almoxarife da obra, que controlava e emitia os Controles de Transporte de Resíduos (CTR's).

A quinta e última etapa, a destinação final, resultava em enviar os resíduos para um aterro específico de resíduos de construção civil. O aterro selecionado, recebia qualquer tipo de RCC, como os resíduos de classe A, gesso e os materiais não minerais (metal, plástico, madeira e papel) e os separava dos resíduos de concreto e alvenaria caso chegassem misturados.

A empresa do aterro de RCC produzia relatórios mensais para o acompanhamento da geração dos resíduos e emitia um certificado mensalmente para a empresa construtora atestando a quantidade de resíduos que foram enviados e a destinação correta de acordo com a legislação ambiental vigente. Na unidade, os resíduos eram pesados; depois eram encaminhados para as áreas de transbordo e triagem, para serem separados e retirados possíveis contaminantes; por seguinte, os resíduos de classe A passavam pelo processo de britagem onde suas dimensões eram reduzidas pela britadora e um sistema de peneiras mecânicas separa os agregados pelo seu tamanho, e por fim este resíduo era comercializado como agregado reciclado para a indústria da construção. Os demais resíduos como o de madeira, chamado de cavaco de madeira, também eram comercializados e os demais não contaminados eram destinados a cooperativas de catadores.

b) Aplicação dos 3R's na construção de edifícios

b.1) Redução dos Resíduos

Na obra A foram adotadas as seguintes ações para redução dos resíduos gerados:

- ✓ Realização da compatibilização dos projetos, utilizando-se dos softwares AutoCAD e Revit, executada pelo arquiteto contratado da empresa construtora. A empresa citou que estava implantando a tecnologia BIM, para auxiliar na compatibilização de projetos, através de cursos e treinamento da equipe responsável pela compatibilização.
- ✓ Realização de construção racionalizada, que consistiu na execução de projeto de alvenaria racionalizada (Figura 48); com a escolha por caixas elétrica de base redonda (Figura 49), onde a perfuração era realiza com serra copo em detrimento de caixas elétricas convencionais que gerariam mais resíduos; outro ponto que merece destaque foi a utilização de blocos de melhor qualidade com furos na vertical para a passagem das instalações, evitando a necessidade de rasgos na alvenaria e geração resíduos de construção. A alvenaria racionalizada proporcionou outros benefícios a obra, em contraponto a alvenaria tradicional como: planejamento prévio da execução da alvenaria, projeto de produção, mão de obra treinada, utilização de família de blocos com blocos compensadores para evitar a quebra de blocos na execução, redução drástica do desperdício de materiais e melhoria nas condições de limpeza e organização do canteiro de obras.

Figura 48 - Alvenaria racionalizada.



Fonte: Autor.

Figura 49 - Caixa elétrica de base redonda.



Fonte: Autor.

- ✓ Execução de passagens pré-definidas durante a etapa de concretagem para realização de instalações diversas, através do uso de gabaritos confeccionados com resíduos de madeira, evitando perfurações ou cortes futuros nas estruturas, diminuindo desta forma a geração de resíduos de concreto.
- ✓ A obra apresentava cuidados na produção de materiais no canteiro de obras, evitando a super produção de materiais como argamassas de assentamento de blocos ou de placas cerâmicas, como também de concreto para a estrutura, através do planejamento antecipado para cada etapa de execução, evitando desta forma retrabalhos e produções de materiais em excesso.
- ✓ Apresentava também cuidado com o fluxo e estocagem de materiais, através da compra programa, onde eram levantados todos os materiais necessários para cada etapa de execução e entregues de acordo com o cronograma específico; proporcionando desta forma estoques mais enxutos com os materiais necessários para cada etapa de obra. O estoque enxuto além de diminuir o estrago de materiais em decorrência do mal armazenamento, por facilitar a disposição dos materiais obedecendo a ordem de entrada e saída; evitava também o uso em excesso pelos operários.
- ✓ Outro cuidado que facilitava na estocagem de materiais foi a escolha por materiais paletizados, como blocos para alvenaria racionalizada (Figura 50), argamassa de assentamentos e sacos de cimento, que além de facilitarem o transporte reduziam a

quantidade de resíduos por quebra. Os materiais ensacados eram armazenados em locais fechados, protegidos da umidade e sobre estrados para evitar o contato com o solo e também o contato com as paredes; as barras de ferro eram armazenadas em locais que as protegiam do contato excessivo das chuvas, como lajes de pavimentos ou protegidas com lona; as areias e britas eram depositadas próximo aos locais de aplicação, onde eram descartados os primeiros 5cm em contato direto com o solo. As esquadrias, loucas, metais sanitários assim como os materiais de instalação eram armazenados de acordo com as especificações dos fabricantes.

Figura 50 - blocos paletizados.



Fonte: Autor.

- ✓ Existia também o cuidado com o transporte de materiais e resíduos dentro do canteiro de obra, utilizado o equipamento correto para cada situação específica, como a utilização de carros de mão e jericas para o transporte de matérias não paletizados e também para o transporte de resíduos até os locais de segregação e acondicionamento, além do uso de tubo vertical para coleta de resíduos (Figura 51) que eram conectados as caçambas estacionárias evitando desta forma a necessidade de transporte dos resíduos a estas. Havia também a utilização de porta pallet para o transporte de materiais paletizados como blocos e argamassas. A obra também disponibiliza de elevador de carga para o transporte de materiais, além de guias e guindastes que facilita o transporte de materiais paletizados, evitando desta forma quebra ou avarias nos materiais, contribuindo, portanto, com a redução de resíduos.

Figura 51 - Tudo vertical para coleta de resíduos.



Fonte: Autor.

- ✓ Outra maneira de diminuir o desperdício foi através da utilização do aço cortado e dobrado, necessitando de montagem e pequenas operações de corte e ajustes no canteiro, além do uso da argamassa estabilizada para assentamento dos blocos cerâmicos e aplicação de emboço, pois esta possibilitava um tempo de aplicação maior em comparação as argamassas tradicionais, podendo chegar no máximo a 24 horas, na obra citada, gerando desta maneira menos resíduos (Figura 52).

Figura 52 - Argamassa estabilizada.



Fonte: Autor.

- ✓ Outro fato que merece destaque é que a obra optou pela argamassa industrializada para o revestimento da alvenaria, em detrimento do gesso de revestimento, o que diminuiu consideravelmente os resíduos gerados por este material.
- ✓ Como medida de gerenciamento dos resíduos, eram realizadas palestras mensais sobre educação ambiental ministradas às equipes de produção (operários, encarregados, técnicos, estagiários, encarregados de produção) pelo setor de qualidade da empresa,

para reforçar e atualizar as equipes sobre os conceitos e importância da manutenção da gestão ambiental para um canteiro limpo e organizado, contribuindo desta forma na redução de resíduos.

b.2) Reutilização dos Resíduos

Na obra A foram adotadas as seguintes ações de reutilização dos resíduos:

- ✓ Reutilização da maior parte dos resíduos de solos, areais e argilas para reaterros dentro do próprio canteiro; os outros não eram reutilizados por estarem misturados ou contaminados.
- ✓ A madeira proveniente das fôrmas de concretagem era reutilizada na confecção de caixas de passagem para instalações diversas, já as originárias das proteções de periferia e bandejas eram reutilizadas em outras obras para o mesmo fim.
- ✓ Resíduos de placa cerâmica eram utilizados para fazer trinchos.
- ✓ As chapas metálicas das bandejas de proteção eram reutilizadas na construção de bandejas de outras obras.
- ✓ Resíduos de plásticos provenientes de embalagens de tintas e tambores de desmoldantes, eram limpos com água corrente e depois de secos eram reutilizados como lixeiras ou para armazenar outros tipos de materiais nos canteiros de obra.
- ✓ As louças e metais sanitários com pequenos danos eram reutilizadas na construção de novos canteiros de obras.

b.3) Reciclagem dos Resíduos

A empresa estudada não apresentava nenhuma atividade de reciclagem de resíduos dentro do canteiro de obras, portanto a destinação final consistia em enviar os RCC para um aterro específico de resíduos da construção civil devidamente licenciado, no qual realiza a reciclagem destes resíduos. A empresa selecionada para a destinação final, disponibiliza de maquinário apropriado para a britagem e reciclagem dos RCC classe A, produzindo novos materiais, de acordo com as exigências do CONAMA 307/2002, como areia, brita, rachão; reciclava-se também a madeira, produzindo o cavaco de madeira (pequenos pedaços de madeira resultantes de uma trituração) e por fim o material era comercializado. Os resíduos de plástico, papelão e metais não contaminados eram encaminhados para cooperativa de catadores, pelos aterros, a qual realiza a reciclagem desses resíduos.

5.1.2 OBRA B1

a) Etapas do PGRCC

O PGRCC da Obra B1 foi elaborado pelo setor de Engenharia Civil da empresa em conjunto com o setor de engenharia de qualidade. A primeira e a segunda etapa do PGRCC, respectivamente a caracterização e a segregação, foram executadas de acordo com as classes e tipos de resíduos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 307/2002, todos descritos no PGRCC da obra. A caracterização tomou como base os dados de obras anteriores e a segregação foi realizada de acordo com as classes e tipos, além de tomar o devido cuidado de separar os resíduos contaminados e os resíduos ao qual seriam realizadas a logística reversa como sacos de cimento e argamassa.

Para a terceira etapa, o acondicionamento, foram utilizadas baias fixas para os resíduos de madeiras, químicos, plástico e papelão, já os resíduos provenientes das embalagens de cimentos e argamassas foram armazenados separadamente para retornarem para as empresas que os forneceram. A empresa também possui caçamba estacionária para os resíduos de classe A. Portanto de acordo com o exposto, não foram encontradas nenhuma incompatibilidade entre as formas de acondicionamento e os tipos de RCC.

A quarta etapa, o transporte dos resíduos, tinha como responsável o almoxarife da obra, que controlava e emitia as CTR's.

A quinta e última etapa, a destinação final, resultava em enviar os resíduos para um aterro específico de resíduos de construção civil. O aterro selecionado, recebia qualquer tipo de RCC, como os resíduos de classe A, gesso e os materiais não minerais (metal, plástico, madeira e papel) e os separava dos resíduos de concreto e alvenaria caso chegassem misturados.

A empresa do aterro de RCC produzia relatórios mensais para o acompanhamento da geração dos resíduos e emitia um certificado mensalmente para a empresa construtora atestando a quantidade de resíduos que foram enviados e a destinação correta de acordo com a legislação ambiental vigente. Na unidade, os resíduos eram pesados; depois eram encaminhados eram encaminhados para as áreas de transbordo e triagem, para serem separados e retirados possíveis contaminantes; por seguinte, os resíduos de classe A passavam pelo processo de britagem onde

suas dimensões eram reduzidas pela britadora e um sistema de peneiras mecânicas separa os agregados pelo seu tamanho, e por fim este resíduo era comercializado como agregado reciclado para a indústria da construção e os demais não contaminados eram destinados a cooperativas de catadores; apenas os resíduos de madeira eram doados diretamente pela empresa construtora a comerciantes locais.

b) Aplicação dos 3R's na construção de edifícios

b.1) Redução dos Resíduos

Na obra B1 foi adotada a seguinte ação para redução dos resíduos gerados:

- ✓ Realização da compatibilização dos projetos por uma empresa terceirizada, através dos softwares AutoCAD e Revit. Estes após compatibilizados eram revisados pelo arquiteto da empresa e depois eram encaminhados para o engenheiro civil coordenador de projetos, que os validava para serem utilizados nas obras.
- ✓ Realização de construção racionalizada, que consistiu na execução de projeto de alvenaria racionalizada a qual evitava o desperdício de blocos, possíveis cortes na alvenaria e, conseqüentemente, reduzia a geração de resíduos quando comparado a alvenaria tradicional, com a utilização de blocos com furos na vertical para a passagens das instalações e a utilização de família de blocos compensadores para evitar quebras na execução.
- ✓ Execução de passagens pré-definidas durante a etapa de concretagem para realização de instalações diversas, através do uso de gabaritos confeccionados com resíduos de madeira, evitando perfurações ou cortes futuros nas estruturas, não gerando desta forma resíduos de concreto.
- ✓ Apresentava cuidados na produção de materiais no canteiro de obras, através do planejamento antecipado para cada etapa de execução e consulta a projetos compatibilizados, evitando desta forma retrabalhos e produções de materiais em excesso.
- ✓ Apresentava também cuidado com o fluxo e estocagem de materiais, através da compra programa com a entrega dos materiais obedecendo ao cronograma específico, gerando desta forma estoques mais enxutos e organizados.
- ✓ Existia também o cuidado com o transporte de materiais e resíduos dentro do canteiro de obra, através utilização do equipamento correto para cada situação específica, como

o uso de carros de mão de mão (Figura 53) e jericas (Figura 54) para o transporte de resíduos; utilização de porta pallet para o transporte de materiais paletizados como tijolos e argamassas. Obra também disponibiliza de elevador de carga para o transporte de materiais, resíduos e pessoas, além de guias e guindastes.

Figura 53 - Jericas utilizadas no transporte de resíduos.



Fonte: Autor.

Figura 54 - Carro de mão utilizado no transporte de resíduos.



Fonte: Autor.

- ✓ Outra maneira de diminuir o desperdício foi através da utilização do aço cortado e dobrado, que necessitava de montagem e pequenas operações de cortes e ajustes, além do uso da argamassa industrializada (preparadas para mistura) para aplicação no emboço, pois esta possibilitava um maior tempo maior de aplicação quando comparadas as argamassas confeccionadas em obra, gerando desta maneira menos resíduos.
- ✓ A empresa utilizava chapas ecológicas de material reciclado, na confecção de canteiros e bandejas de proteção e efetua a logística reversa com os sacos cimento e argamassa, os quais retornam para as empresas em que foram adquiridos.
- ✓ Como medida de gerenciamento dos resíduos, eram realizadas palestras mensais sobre educação ambiental ministradas às equipes de produção (operários, encarregados, técnicos e encarregados de produção) pelo setor de qualidade da empresa, para reforçar e atualizar as equipes sobre os conceitos e importância da manutenção da gestão ambiental para um canteiro limpo e organizado, contribuindo desta forma na redução de resíduos; além de aplicar a demolição seletiva na construção do canteiro de obras.

b.2) Reutilização dos Resíduos

Na obra B1 foram adotadas as seguintes ações de reutilização dos resíduos:

- ✓ Reutilização de resíduos de solos, areais e argilas para reaterros dentro do próprio canteiro.
- ✓ A madeira proveniente das formas de concretagem é reutilizada na confecção de caixas de passagem para instalações diversas nas formas de concretagem.
- ✓ Resíduos de cerâmica são utilizados para fazer trinchos.
- ✓ Resíduos de concreto são utilizados para fazer vergas e contravertas; além de reaterros no canteiro de obras (Figura 55).

Figura 55 - Aterro utilizando resíduos de concreto.



Fonte: Autor.

- ✓ Resíduos de plásticos provenientes de embalagens de tintas e tambores de desmoldantes são reutilizados como lixeiras ou para armazenar outros tipos de materiais nos canteiros de obra.
- ✓ As louças e metais sanitários com pequenos danos são reutilizadas na construção de novos canteiros de obras.
- ✓ As chapas metálicas das bandejas de proteção são reutilizadas na construção de bandejas de outras obras.

b.3) Reciclagem dos Resíduos

A empresa estudada não apresentava nenhuma atividade de reciclagem de resíduos dentro do canteiro de obras, portanto a destinação final consistia em enviar os RCC para um aterro específico de resíduos da construção civil devidamente licenciado, no qual realiza a reciclagem destes resíduos. A empresa selecionada para a destinação final, disponibiliza de maquinário apropriado para o processamento (britagem) e reciclagem dos RCC classe A, produzindo novos materiais, de acordo com as exigências do CONAMA 307/2002, como areia, brita, rachão e

cavaco de madeira (pequenos pedaços de madeira resultantes de uma trituração) e por fim o material era comercializado.

Os resíduos de plástico, papelão e metais não contaminados eram encaminhados para cooperativa de catadores, pelos aterros, a qual realiza a reciclagem desses resíduos. Os resíduos de madeira que não possibilitavam nenhuma possibilidade de reutilização eram encaminhados agentes diversos, como padarias locais para serem utilizados como lenha.

5.1.3 OBRA B2

a) Etapas do PGRCC

O PGRCC da Obra B1 foi elaborado pelo setor de Engenharia Civil da empresa em conjunto com o setor de engenharia de qualidade.

A primeira e a segunda etapa do PGRCC, respectivamente a caracterização e a segregação, foram executadas de acordo com as classes e tipos de resíduos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 307/2002, todos descritos no PGRCC da obra. A caracterização que tomou como base os dados de obras anteriores e a segregação foi realizada de acordo com as classes e tipos, além de tomar o devido cuidado de separar os resíduos contaminados e os resíduos ao qual seriam realizadas a logística reversa como sacos de cimento e argamassa.

Para a terceira etapa, o acondicionamento, foram utilizadas baias fixas para os resíduos de madeiras, químicos, plástico e papelão, já os resíduos provenientes das embalagens de cimentos e argamassas foram armazenados separadamente para retornarem para as empresas que os forneceram. A empresa também possuía caçamba estacionária para os resíduos de classe A. Portanto de acordo com o exposto, não foram encontradas nenhuma incompatibilidade entre as formas de acondicionamento e os tipos de RCC.

A quarta etapa, o transporte dos resíduos, tinha como responsável o almoxarife da obra, que controlava e emitia as CTR's.

A quinta e última etapa, a destinação final, resultava em enviar os resíduos para um aterro específico de resíduos de construção civil. O aterro selecionado, recebia qualquer tipo de RCC,

como os resíduos de classe A, gesso e os materiais não minerais (metal, plástico, madeira e papel) e os separava dos resíduos de concreto e alvenaria caso chegassem misturados.

A empresa do aterro de RCC produzia relatórios mensais para o acompanhamento da geração dos resíduos e emitia um certificado mensalmente para a empresa construtora atestando a quantidade de resíduos que foram enviados e a destinação correta de acordo com a legislação ambiental vigente. Na unidade, os resíduos eram pesados; depois eram encaminhados eram encaminhados para as áreas de transbordo e triagem, para serem separados e retirados possíveis contaminantes; por seguinte, os resíduos de classe A passavam pelo processo de britagem onde suas dimensões eram reduzidas pela britadora e um sistema de peneiras mecânicas separa os agregados pelo seu tamanho, e por fim este resíduo era comercializado como agregado reciclado para a indústria da construção e os demais não contaminados eram destinados a cooperativas de catadores; apenas os resíduos de madeira eram doados diretamente pela empresa construtora a comerciantes locais.

b) Aplicação dos 3R's na construção de edifícios

b.1) Redução dos Resíduos

Na obra B2 foi adotada a seguinte ação para redução dos resíduos gerados:

- ✓ Realização da compatibilização dos projetos por uma empresa terceirizada, através dos softwares AutoCAD e Revit. Estes após compatibilizados são revisados pelo arquiteto da empresa e depois são encaminhados para o engenheiro civil coordenador de projetos, que os válida para serem utilizados nas obras.
- ✓ Realização de construção racionalizada, que consistiu na execução de projeto de alvenaria racionalizada a qual evita o desperdício de blocos, possíveis cortes na alvenaria e, conseqüentemente, reduz a geração de resíduos quando comparado a alvenaria tradicional, com a utilização de blocos com furos na vertical para a passagens das instalações e a utilização de família de blocos compensadores para evitar quebras na execução.
- ✓ Execução de passagens pré-definidas (Figura 56) durante a etapa de concretagem para realização de instalações diversas, através do uso de gabaritos confeccionados com resíduos de madeira, evitando perfurações ou cortes futuros nas estruturas, não gerando desta forma resíduos de concreto.

- ✓ Apresentava cuidados na produção de materiais no canteiro de obras, através do planejamento antecipado para cada etapa de execução e consulta a projetos compatibilizados, evitando desta forma retrabalhos e produções de materiais em excesso.
- ✓ Apresentava também cuidado com o fluxo e estocagem de materiais, através da compra programa com a entrega dos materiais obedecendo ao cronograma específico, gerando desta forma estoques mais enxutos com os materiais necessários para cada etapa de obra, trazendo benefícios como facilidade de organização do estoque obedecendo a ordem de entrada e saída de materiais, além de evitar o uso em excesso dos materiais pelos operários.
- ✓ Existia também o cuidado com o transporte de materiais e resíduos dentro do canteiro de obra, utilizado o equipamento correto para cada situação específica, como a utilização de carros de mão e jericas para o transporte de resíduos; utilização de porta pallet para o transporte de materiais paletizados como tijolos e argamassas. Obra também disponibiliza de elevador de carga para o transporte de materiais, resíduos e pessoas, além de guias e guindastes.
- ✓ Outra maneira de diminuir o desperdício foi através da utilização do aço cortado e dobrado, que necessitava de montagem e pequenas operações de cortes e ajustes, além do uso da argamassa industrializada (preparadas para mistura) para aplicação no emboço, pois esta possibilitava um maior tempo maior de aplicação quando comparadas as argamassas confeccionadas em obra, gerando desta maneira menos resíduos.
- ✓ A empresa utilizava chapas ecológicas de material reciclado, na confecção de canteiros e bandejas de proteção e efetua a logística reversa com os sacos cimento e argamassa (Figura 57), os quais retornam para as empresas em que foram adquiridos.
- ✓ Como medida de gerenciamento dos resíduos, eram realizadas palestras mensais sobre educação ambiental ministradas às equipes de produção (operários, encarregados, técnicos, estagiários, encarregados de produção) pelo setor de qualidade da empresa, para reforçar e atualizar as equipes sobre os conceitos e importância da manutenção da gestão ambiental para um canteiro limpo e organizado, contribuindo desta forma na redução de resíduos.
- ✓ Aplica também a demolição seletiva na construção dos canteiros de obras optando pela escolha de materiais e componentes que possam ser desconstruídos e reutilizados em outros canteiros sem grandes transformações.
- ✓ Como sistema construtivo inovador, a empresa utilizou o sistema de “Fachadas

Ventiladas” (Figura 58), que apresenta uma execução com pouca geração de resíduos, por apresentar estruturas moduladas que são fixadas a estrutura por meio de chumbamento, parafusos e estruturas metálica leves, além de não necessitarem da execução de todas as etapas que envolvem as fachadas convencionais de pastilhas como chapisco e emboço.

Figura 56 - Passagens pré-definidas durante a etapa de concretagem.



Fonte: Autor.

Figura 57 - Baias com sacos de cimento e argamassa para efetuar logística reversa.



Fonte: Autor.

Figura 58 - Fachada ventilada em início de execução.



Fonte: Autor.

b.2) Reutilização dos Resíduos

Na obra B2 foram adotadas as seguintes ações de reutilização dos resíduos:

- ✓ Reutilização de resíduos de solos, areais, argilas e concreto para reaterros dentro do próprio canteiro.

- ✓ A madeira proveniente das formas de concretagem é reutilizada na confecção de caixas de passagem para instalações diversas nas formas de concretagem.
- ✓ Resíduos de cerâmica são utilizados para fazer trinchos.
- ✓ Resíduos de plásticos provenientes de embalagens de tintas e tambores de desmoldantes são reutilizados como lixeiras ou para armazenar outros tipos de materiais nos canteiros de obra.
- ✓ As louças de metais sanitários com pequenos danos são reutilizadas na construção de novos canteiros de obras.
- ✓ As chapas metálicas das bandejas de proteção são reutilizadas na construção de bandejas de outras obras.

b.3) Reciclagem dos Resíduos

A empresa estudada não apresentava nenhuma atividade de reciclagem de resíduos dentro do canteiro de obras, portanto a destinação final consistia em enviar os RCC para um aterro específico de resíduos da construção civil devidamente licenciado, no qual realiza a reciclagem destes resíduos. A empresa selecionada para a destinação final, disponibiliza de maquinário apropriado para o processamento (britagem) e reciclagem dos RCC classe A, produzindo novos materiais, de acordo com as exigências do CONAMA 307/2002, como areia, brita, rachão e cavaco de madeira (pequenos pedaços de madeira resultantes de uma trituração) e por fim o material era comercializado. Os resíduos de plástico, papelão e metais não contaminados eram encaminhados para cooperativa de catadores, a qual realiza a reciclagem desses resíduos. Os resíduos de madeira que não possibilitavam nenhuma possibilidade de reutilização eram encaminhados para agentes diversos, como padarias locais para serem utilizados como lenha.

5.1.4 OBRA C

a) Etapas do PGRCC

O PGRCC da Obra A foi elaborado pelo setor de Engenharia Civil da empresa em conjunto com o setor de engenharia de qualidade.

A primeira e a segunda etapa do PGRCC, respectivamente a caracterização e a segregação, foram executadas de acordo com as classes e tipos de resíduos estabelecidos pela Resolução

CONAMA nº 307/2002, todos descritos no PGRCC da obra. A caracterização que tomou como base os dados de obras anteriores e a segregação foi realizada de acordo com as classes e tipos, tomando o devido cuidado de separar os resíduos contaminados e os que sugeriam para a logística reversa.

A terceira etapa, o acondicionamento, foram utilizadas bombonas dispostas nos pavimentos, baias fixas para os resíduos de madeiras, químicos, plástico e papelão, já os resíduos provenientes das embalagens de cimentos e argamassas foram armazenados separadamente para retornarem para as empresas que os forneceram, assim como os resíduos de granito, também era implantada a logística reversa. A empresa também possuía caçamba estacionária para os resíduos de classe A. Portanto de acordo com o exposto, não foram encontradas nenhuma incompatibilidade entre as formas de acondicionamento e os tipos de RCC. A quarta etapa, o transporte dos resíduos, tinha como responsável o almoxarife da obra, que controlava e emitia as CTR's. A última etapa, a destinação final, resultava em enviar os resíduos para um aterro específico de resíduos de construção civil.

O aterro selecionado, recebe qualquer tipo de RCC, como os resíduos de classe A, gesso e os materiais não minerais (metal, plástico, madeira e papel) e os separa dos resíduos de concreto e alvenaria caso cheguem misturados.

A empresa disponibiliza de maquinário apropriados para o processamento (britagem) e reciclagem dos RCC, produzindo novos materiais, de acordo com as exigências do CONAMA 307/2002, como areia, brita, rachão e cavaco de madeira, que são pequenos pedaços de madeira resultantes de uma trituração e por fim o material é comercializado.

A empresa selecionada para a destinação final dos resíduos produz relatórios mensais para o acompanhamento da geração dos resíduos e emite um certificado que é gerado mensalmente para a empresa atestando a quantidade de resíduos que foram recebidos, atestando a destinação correta de acordo com a legislação ambiental vigente. Na unidade, os resíduos são pesados; depois as caçambas são esvaziadas na área de transbordo e triagem, onde possíveis contaminantes são retirados; então, o resíduo passa pelo processo de britagem – sua dimensão é reduzida pela britadora e um sistema de peneiras mecânicas separa os agregados pelo seu tamanho; apenas os resíduos de madeira eram doados diretamente pela empresa construtora a comerciantes locais.

b) Aplicação dos 3R's na construção de edifícios

b.1) Redução dos Resíduos

Na obra C foi adotada a seguinte ação para redução dos resíduos gerados:

- ✓ Realização da compatibilização dos projetos, utilizando-se dos softwares AutoCAD e Revit, executada pelo arquiteto contratado da empresa construtora.
- ✓ Realização de construção racionalizada, que consistiu na execução de projeto de alvenaria racionalizada, evitando desta forma retrabalhos, com consequente geração de resíduos.
- ✓ Execução de passagens pré-definidas durante a etapa de concretagem para realização de instalações diversas, evitando perfurações ou cortes futuros nas estruturas, não gerando desta forma resíduos de concreto.
- ✓ Apresentava cuidados na produção de materiais no canteiro de obras, através do planejamento antecipado para cada etapa de execução e consulta a projetos compatibilizados, evitando desta forma retrabalhos e produções de materiais em excesso.
- ✓ Apresentava também cuidado com o fluxo e estocagem de materiais, através da compra programa; gerando desta forma estoques mais enxutos com os materiais necessários para cada etapa de obra, além de diminuir o estrago de materiais em consequência do mal armazenamento por não obedecer a ordem de entrada e saída de materiais, além de evitar também o uso em excesso pelos operários.
- ✓ Existia também o cuidado com o transporte de materiais e resíduos dentro do canteiro de obra, utilizado o equipamento correto para cada situação específica, como a utilização de carros de mão de mão e jericas, utilização de porta pallet para o transporte de materiais paletizados como tijolos e argamassas. A obra também possuía elevador de carga para o transporte de materiais e pessoas, além de guias e guindastes.
- ✓ Outra maneira de diminuir a geração de resíduos foi através da utilização do aço cortado, dobrado e montado, que necessitava de pequenos ajustes no canteiro, além do uso da argamassa industrializada para aplicação de emboço, em detrimento das argamassas tradicionais preparadas em obra, por possibilitar um maior tempo de aplicação.
- ✓ Como medida de gerenciamento dos resíduos, eram realizadas palestras bimestrais sobre educação ambiental ministradas às equipes de produção (operários, encarregados, técnicos, estagiários, encarregados de produção) pelo setor de qualidade da empresa,

para reforçar e atualizar as equipes sobre os conceitos e importância da manutenção da gestão ambiental para um canteiro limpo e organizado, contribuindo desta forma na redução de resíduos.

- ✓ A empresa utiliza chapas ecológicas de material reciclado, na confecção de canteiros e bandejas de proteção e efetua a logística reversa com os sacos de cimento e de argamassa e com as peças de granito danificadas, os quais retornam para as empresas em que foram adquiridos.
- ✓ A empresa construtora apresentou como sistema construtivo inovador, uma solução para a fundação, com a utilização de colunas de compactação pela técnica terra-probe sem introdução de material (Figuras 59 e 60), que além de causar menos impactos ao meio ambiente por não necessitar da adição de material granular, não gerava resíduos em detrimento a outros tipos de estacas, como as estacas pré-moldadas de concreto que resultava em sobras de concreto devido ao arrasamento das “cabeças” de estacas, como também em comparação as estacas moldadas em loco que geravam resíduos devido a retirada de material para introdução da estaca, além de sobras de concretos resultantes do processo de execução.

Figura 59 - Cravação do tubo pelo método de terra-probe sem introdução de material.



Fonte: Autor.

Figura 60 - Compactação do terreno após o método de terra-probe sem introdução de material.



Fonte: Autor.

- ✓ Outro sistema inovador foi a utilização de formas metálicas incorporadas (Figura 61) para a execução das fundações, pois este sistema utilizava-se de formas metálica que eram aplicadas juntamente com a fundação e não necessitava de formas de madeira, não gerando conseqüente resíduos desta, outra vantagem que por ser um sistema industrializado e a montagem das formas junto as armações poderem ser realizadas fora do canteiro, contribuiu também a redução de resíduos de armações em detrimento a sistemas de montagem de armações tracionais.

Figura 61 - Chegada de um elemento da fundação superficial do empreendimento, montada em galpão com o uso de fôrma incorporada.



Fonte: Autor.

b.2) Reutilização dos Resíduos

Na obra C foram adotadas as seguintes ações de reutilização dos resíduos:

- ✓ A madeira proveniente das formas de concretagem é reutilizada na confecção de caixas de passagem para instalações diversas nas formas de concretagem;
- ✓ Reutilização dos baldes de plástico de massa corrida e selador, na confecção de lixeiras, armazenamento e misturas de materiais, a empresa citou que opta por comprar os materiais de acabamento em recipientes de plástico visto que é mais viável a reutilização em comparação aos de recipiente metálicos.
- ✓ Resíduos de cerâmica são utilizados para fazer trinchos;
- ✓ As louças de metais sanitários com pequenos danos são reutilizadas na construção de novos canteiros de obras.
- ✓ As chapas metálicas das bandejas de proteção são reutilizadas na construção de bandejas de outras obras;

b.3) Reciclagem dos Resíduos

A empresa estudada não apresentava nenhuma atividade de reciclagem de resíduos dentro do canteiro de obras, portanto a destinação final consistia em enviar os RCC para um aterro específico de resíduos da construção civil devidamente licenciado, no qual realiza a reciclagem destes resíduos. A empresa selecionada para a destinação final, disponibiliza de maquinário apropriado para o processamento (britagem) e reciclagem dos RCC classe A, produzindo novos materiais, de acordo com as exigências do CONAMA 307/2002, como areia, brita, rachão e cavaco de madeira (pequenos pedaços de madeira resultantes de uma trituração) e por fim o material era comercializado. Os resíduos de madeira não contaminados eram encaminhados para comerciantes locais, para aquecimentos em fornos industriais.

5.1.5 OBRA D

a) Etapas do PGRCC

O PGRCC da Obra A foi elaborado pelo setor de Engenharia Civil da empresa em conjunto com o setor de engenharia de qualidade e ambiental. A primeira e a segunda etapa do PGRCC, respectivamente a caracterização e a segregação, foram executadas de acordo com as classes e tipos de resíduos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 307/2002, todos descritos no PGRCC da obra. A caracterização tomou como base os dados de obras anteriores e a segregação foi realizada de acordo com as classes e tipos, tomando o devido cuidado de separar os resíduos contaminados. A terceira etapa, o acondicionamento, foram utilizadas baias fixas para os resíduos de madeiras, químicos, plástico, papelão e resíduos contaminados – latas de tinta (Figura 62, 63 e 64), já os resíduos de classe A foram utilizadas caçamba estacionária.

Figura 62 - Baias fixas para resíduos de madeiras, químicos, plástico, papelão e resíduos contaminados.



Fonte: Autor.

Figura 63 - Baia fixa para resíduos de madeira, papel contaminado e betume.



Fonte: Autor.

Figura 64 - Caçamba estacionária com resíduos classe A.



Fonte: Autor.

Portanto de acordo com o exposto, não foram encontradas nenhuma incompatibilidade entre as formas de acondicionamento e os tipos de RCC.

A quarta etapa, o transporte dos resíduos, tinha como responsável o almoxarife da obra, que controlava e emitia as CTR's.

A última etapa, a destinação final, resultava em enviar os resíduos para um aterro específico de resíduos de construção civil. O aterro selecionado, recebe qualquer tipo de RCC, como os resíduos de classe A, gesso e os materiais não minerais (metal, plástico, madeira e papel) e os separa dos resíduos de concreto e alvenaria caso cheguem misturados. A empresa disponibiliza de maquinário apropriados para o processamento (britagem) e reciclagem dos RCC, produzindo novos materiais, de acordo com as exigências do CONAMA 307/2002, como areia, brita e rachão; por fim o material é comercializado.

Os resíduos que foram esgotas todas as possibilidades de reutilização na obra eram encaminhados para uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis, pelos aterros, que atuavam na captação e tratamento de resíduos sólidos urbanos, coletando resíduos diversos como: plásticos, papel e papelão, madeira, vidro e materiais sólidos recicláveis diversos.

b) Aplicação dos 3R's na construção de edifícios

b.1) Redução dos Resíduos

Na obra D foi adotada a seguinte ação para redução dos resíduos gerados:

- ✓ Realização da compatibilização dos projetos, utilizando-se dos softwares AutoCAD, executada pelo arquiteto contratado da empresa construtora.
- ✓ Realização de construção racionalizada, que consistiu na execução de projeto de alvenaria em blocos de concreto (Figura 65), apresentando benefícios como: planejamento prévio da execução da alvenaria, projeto de produção, mão de obra treinada, utilização de família de blocos com blocos compensadores para evitar a quebra de blocos na execução, redução drástica do desperdício de materiais e melhoria nas condições de limpeza e organização do canteiro de obras. Além dos benefícios citados, estas edificações não utilizavam fôrmas para a execução de pilares e vigas, pois estes eram moldados em blocos específicos para esta finalidade.

Figura 65 - Alvenaria racionalizada com os blocos de canto para a confecção de pilares e bloco calha para a execução de vigas.



Fonte: Autor.

- ✓ Execução de cobertura metálica com telha cerâmica (Figura 66), pois esta estrutura já era pré montada em um local específico e após executada era içada e instalada na coberta, necessitando de pequenos ajustes no local, gerando desta forma menos resíduos em comparação as coberturas que utilizam estrutura em madeira.

Figura 66 - Cobertura metálica.



Fonte: Autor.

- ✓ Utilização de kits de instalações elétricas e hidrossanitários.
- ✓ Utilização de materiais pré-moldados para a construção dos muros das casas (Figura 67) e de pilares pré moldados para suporte de caixas d'água (Figura 68), que por serem peças produzidas dentro de um parque fabril, estas são transportadas conforme a necessidade da obra e chegam prontas para a montagem, proporcionando benefícios para as construções como a agilidade de execução e redução de resíduos.

Figura 67 - Materiais pré-moldados para a construção dos muros das casas.



Fonte: Autor.

Figura 68 - Materiais pré-moldados para a construção dos pilares das caixas d'água.



Fonte: Autor.

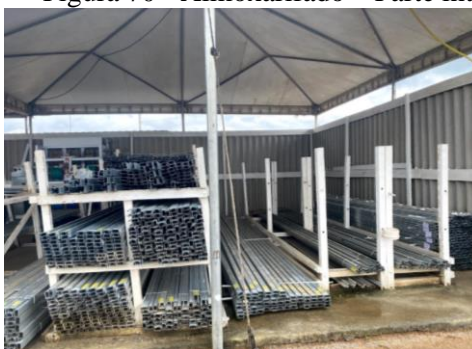
- ✓ Apresentava cuidados na produção de materiais no canteiro de obras, através do planejamento antecipado para cada etapa de execução e consulta a projetos compatibilizados, evitando desta forma retrabalhos e produções de materiais em excesso.
- ✓ Apresentava também cuidado com o fluxo e estocagem de materiais (Figura 69), através da compra programa; gerando desta forma estoques mais enxutos (Figuras 70 e 71) com os materiais necessários para cada etapa de obra, além de diminuir o estrago de materiais em consequência do mal armazenamento por não obedecer a ordem de entrada e saída de materiais, além de evitar também o uso em excesso pelos operários.

Figura 69 - Estocagem dos materiais – Parte externa.



Fonte: Autor.

Figura 70 - Almojarifado – Parte interna.



Fonte: Autor.

Figura 71 - Almojarifado – Parte interna



Fonte: Autor.

- ✓ Também adotou o aço cortado e dobrado, para a execução das fundações.
- ✓ Como medida de gerenciamento dos resíduos, eram realizadas palestras mensais sobre educação ambiental ministradas às equipes de produção (operários, encarregados, técnicos, estagiários, encarregados de produção) pelo setor de qualidade da empresa, para reforçar e atualizar as equipes sobre os conceitos e importância da manutenção da gestão ambiental para um canteiro limpo e organizado, contribuindo desta forma na redução de resíduos.
- ✓ Existia também o cuidado com o transporte de materiais e resíduos dentro do canteiro de obra, utilizado o equipamento correto para cada situação específica, como a

utilização de carros de mão de mão e bob-cats (Figura 72) para coleta de resíduos e transporte de materiais. Por se tratar de uma obra horizontal utilizou-se que caminhão com guincho para dispor os paletes de blocos e de placas cerâmicas próximos aos locais de aplicação.

Figura 72 - Bob-cats utilizado no transporte de materiais.



Fonte: Autor.

b.2) Reutilização dos Resíduos

Na obra D foram adotadas as seguintes ações de reutilização dos resíduos:

- ✓ Reutilização dos resíduos de árvore para o paisagismo.
- ✓ Reutilização dos resíduos de madeira provenientes de construções provisórias e sinalizações eram utilizados em outras obras para o mesmo fim.
- ✓ Reutilização de resíduos de solos, areais, argilas e concreto para reaterros dentro do próprio canteiro.
- ✓ Resíduos de cerâmica são utilizados para fazer trinchos.
- ✓ Resíduos de plásticos provenientes de embalagens de tintas e tambores de desmoldantes e tonel de betume são reutilizados como lixeiras ou para armazenar outros tipos de materiais nos canteiros de obra; pois estes materiais vinham dentro dos tambores dentro de sacos plásticos os isolando do contato com o recipiente enviando desta forma a contaminação.
- ✓ As louças de metais sanitários com pequenos danos são reutilizadas na construção de novos canteiros de obras.

b.3) Reciclagem dos Resíduos

A obra em estudo realizava a reciclagem de maior parte dos resíduos de classe A, pois estes eram tratados, por meio de triagens caso estivessem misturados e triturados no local através de

britadores de rocha para serem transformados em agregados que seriam utilizados em aterros e pavimentação dentro canteiro de obras e os demais eram encaminhados para aterros de RCC devidamente licenciado, no qual realiza a reciclagem dos resíduos conforme mencionado nas etapas do PGRCC implantadas no canteiro de obras.

A empresa selecionada para a destinação final, disponibilizava de maquinário apropriado para o processamento (britagem) e reciclagem dos RCC, produzindo novos materiais, de acordo com as exigências do CONAMA 307/2002, como areia, brita, rachão e cavaco de madeira (pequenos pedaços de madeira resultantes de uma trituração) e por fim o material era comercializado.

5.1.6 OBRA E

a) Etapas do PGRCC

O PGRCC da Obra A foi elaborado pelo setor de Engenharia Civil da empresa em conjunto com o setor de engenharia de qualidade.

A primeira e a segunda etapa do PGRCC, respectivamente a caracterização e a segregação, foram executadas de acordo com as classes e tipos de resíduos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 307/2002, todos descritos no PGRCC da obra. A caracterização que tomou como base os dados de obras anteriores e a segregação foi realizada de acordo com as classes e tipos, tomando o devido cuidado de separar os resíduos contaminados.

Para a terceira etapa, o acondicionamento, foram utilizadas bombonas dispostas nos pavimentos, baias fixas para os resíduos de madeiras, químicos, plástico e papelão, já os resíduos provenientes das embalagens de cimentos e argamassas foram armazenados separadamente para retornarem para as empresas que os forneceram. A empresa também possuía caçamba estacionária para os resíduos de classe A. Portanto de acordo com o exposto, não foram encontradas nenhuma incompatibilidade entre as formas de acondicionamento e os tipos de RCC.

A quarta etapa, o transporte dos resíduos, tinha como responsável o almoxarife da obra, que controlava e emitia as CTR's. A quinta e última etapa, a destinação final, resultava em enviar os resíduos para um aterro específico de resíduos de construção civil. O aterro selecionado,

recebe qualquer tipo de RCC, como os resíduos de classe A, gesso e os materiais não minerais (metal, plástico, madeira e papel) e os separa dos resíduos de concreto e alvenaria caso cheguem misturados.

O aterro disponibiliza de maquinário apropriados para o processamento (britagem) e reciclagem dos RCC, produzindo novos materiais, de acordo com as exigências do CONAMA 307/2002, como areia, brita e rachão; por fim o material é comercializado; apenas os resíduos de gesso eram encaminhados para empresas de agricultores locais para serem utilizados como fertilizantes.

b) Aplicação dos 3R's na construção de edifícios

b.1) Redução dos Resíduos

Na obra E foi adotada a seguinte ação para redução dos resíduos gerados:

- ✓ Realização da compatibilização dos projetos através dos softwares AutoCAD, sendo o responsável pela compatibilização um arquiteto contratado da construtora.
- ✓ Realização de construção racionalizada, que consistia em paredes de concreto moldadas in loco com divisórias internas em gesso acartonado (Figura 73). As paredes em concreto assim como as divisórias em drywall proporcionaram benefícios a obra, com: planejamento prévio da execução, projeto de produção, mão de obra treinada, possibilidade de instalações diversas internas ou externas sem grandes intervenções, evitando desta forma quebra ou rasgos na parede, redução drástica do desperdício de materiais e melhoria nas condições de limpeza e organização do canteiro de obras.

Figura 73 - Gesso acartonado utilizado nas divisórias internas.



Fonte: autor.

- ✓ Utilização de tubulações em PEX (tubulação flexível fabricada em polietileno reticulado) para água fria e quente e gás de cozinha; que por ser flexível gera menos resíduos e necessita de menos conexões em relação as tubulações de PCV (Figura 74).

Figura 74 - Utilização de tubulações em PEX (para água fria e quente e gás de cozinha).



Fonte: Autor.

- ✓ Outra maneira de diminuir a geração de resíduos foi através da utilização do aço cortado e dobrado, que necessitava de montagem e pequenas operações de corte e ajustes no canteiro, além do uso da argamassa industrializada para aplicação de emboço, em detrimento das argamassas tradicionais preparadas em obra, por possibilitar um maior tempo de aplicação.
- ✓ Muros com placas pré-moldadas de concreto.
- ✓ Existia também o cuidado com o transporte de materiais e resíduos dentro do canteiro de obra, utilizado o equipamento correto para cada situação específica, como a utilização de carros de mão e jericas para o transporte de matérias não paletizadas e também para o transporte de resíduos até os locais de segregação e acondicionamento, além do uso de tubo vertical para coleta de resíduos que eram conectados as caçambas estacionárias evitando desta forma a necessidade de transporte dos resíduos a estas. Havia também a utilização de porta pallet para o transporte de materiais paletizados como blocos e argamassas. A obra também disponibiliza de elevador de carga para o transporte de materiais. O uso correto dos equipamentos evitava quebras ou avarias, contribuindo, portanto, com a redução de resíduos.
- ✓ Como materiais que geram poucos resíduos, adotou-se o aço cortado e dobrado e da argamassa industrializada (preparadas para mistura) para a etapa de reboco e emboço;
- ✓ Como medida de gerenciamento dos resíduos, eram realizadas palestras mensais sobre educação ambiental ministradas às equipes de produção (operários, encarregados, técnicos, estagiários, encarregados de produção) pelo setor de qualidade da empresa, para reforçar e atualizar as equipes sobre os conceitos e importância da manutenção da

gestão ambiental para um canteiro limpo e organizado, contribuindo desta forma na redução de resíduos.

- ✓ A empresa utiliza chapas ecológicas de material, na confecção de canteiros e bandejas de proteção e também utiliza chapas OSB (chapas de madeiras reflorestada) para reforço nas chapas de drywall como material ecológico e efetua a logística reversa com os sacos de cimento e argamassa, os quais retornam para as empresas em que foram adquiridos.
- ✓ Aplica também a demolição seletiva na construção dos canteiros de obras optando pela escolha de materiais e componentes que possam ser desconstruídos e reutilizados em outros canteiros sem grandes transformações.

b.2) Reutilização dos Resíduos

Na obra E foram adotadas as seguintes ações de reutilização dos resíduos:

- ✓ Reutilização de resíduos de solos, areais, argilas e concreto para reaterros dentro do próprio canteiro.
- ✓ A madeira proveniente das formas de concretagem é reutilizada na confecção de caixas de passagem para instalações diversas nas formas de concretagem, construções provisórias e sinalizações.
- ✓ Resíduos de cerâmica são utilizados para fazer trinchos.
- ✓ Resíduos de concreto são utilizados para fazer vergas e contravertas.
- ✓ Resíduos de plásticos provenientes de embalagens de tintas e tambores de desmoldantes são reutilizados como lixeiras ou para armazenar outros tipos de materiais nos canteiros de obra.
- ✓ As louças de metais sanitários com pequenos danos são reutilizadas na construção de novos canteiros de obras.
- ✓ As chapas metálicas das bandejas de proteção são reutilizadas na construção de bandejas de outras obras.

b.3) Reciclagem dos Resíduos

A empresa estudada não apresenta nenhuma atividade de reciclagem de resíduos dentro do canteiro de obras, portanto a destinação final consistia em enviar os RCC para um aterro específico de resíduos da construção civil devidamente licenciado, no qual realiza a reciclagem destes resíduos conforme mencionado nas etapas do PGRCC implantadas no canteiro de obras.

A empresa selecionada para a destinação final, disponibiliza de maquinário apropriado para o processamento (britagem) e reciclagem dos RCC, produzindo novos materiais, de acordo com as exigências do CONAMA 307/2002, como areia, brita, rachão e cavaco de madeira (pequenos pedaços de madeira resultantes de uma trituração) e por fim o material é comercializado. Os demais como os resíduos de plástico, papelão e metais que podem ser reaproveitados por não estarem contaminados eram doados para cooperativa de catadores, pelo aterro, a qual realiza a reciclagem desses resíduos.

Os resíduos de madeira que foram esgotas todas as possibilidades de reutilização na obra eram encaminhados agentes diversos, como padarias locais para serem utilizados como lenha, assim como os resíduos de gesso eram doados para agricultores locais para serem utilizados como fertilizantes, já os resíduos de plástico, papelão e metais que podem ser reaproveitados por não estarem contaminados eram doados para cooperativa de catadores, a qual realiza a reciclagem desses resíduos.

5.1.7 OBRA F

a) Etapas do PGRCC

A primeira e a segunda etapa do PGRCC, respectivamente a caracterização e a segregação, foram executadas de acordo com as classes e tipos de resíduos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 307/2002, todos descritos no PGRCC da obra. A primeira etapa, a caracterização foi obtida através do levantamento estatístico da geração de resíduos, que consistia no levantamento de todos os materiais necessários para a cada fase de execução da obra juntamente com o conhecimento da densidade de cada material que comportava na caçamba estacionária, portanto com este procedimento era possível realizar esta estimativa.

A segunda etapa, a segregação, consistia na triagem dos resíduos era realizada de acordo com as classes e tipos, tomando o devido cuidado de separar os resíduos contaminados.

Para a terceira etapa, o acondicionamento, foram utilizadas bombonas dispostas nos pavimentos para o acondicionamento de plástico e papelão e baias fixas foram utilizadas no canteiro para os resíduos de madeiras, químicos, plástico e papelão, já os resíduos provenientes das embalagens de cimentos e argamassas foram armazenados separadamente para retornarem para

as empresas que os forneceram. A empresa também possuía caçamba estacionária para os resíduos de classe A. Portanto de acordo com o exposto, não foram encontradas nenhuma incompatibilidade entre as formas de acondicionamento e os tipos de RCC.

A quarta etapa, o transporte dos resíduos, tinha como responsável o almoxarife da obra, que controlava e emitia as CTR's.

A quinta e última etapa, a destinação final, resultava em enviar os resíduos para um aterro específico de resíduos de construção civil. O aterro selecionado, recebe qualquer tipo de RCC, como os resíduos de classe A, gesso e os materiais não minerais (metal, plástico, madeira e papel) e os separa dos resíduos de concreto e alvenaria caso cheguem misturados.

A empresa produzia relatórios mensais para o acompanhamento da geração dos resíduos e emite um certificado que é gerado mensalmente para o cliente atestando a quantidade de resíduos que foram recebidos na empresa construtora, atestando a destinação correta de acordo com a legislação ambiental vigente. Na unidade, os resíduos eram pesados; depois as caçambas eram esvaziadas na área de transbordo e triagem, onde possíveis contaminantes são retirados; então, o resíduo passa pelo processo de britagem – sua dimensão era reduzida pela britadora e um sistema de peneiras mecânicas separava os agregados pelo seu tamanho comercial.

b) Aplicação dos 3R's na construção de edifícios

b.1) Redução dos Resíduos

Na obra F foi adotada a seguinte ação para redução dos resíduos gerados:

- ✓ Realização da compatibilização dos projetos por uma empresa terceirizada, através dos softwares AutoCAD e Revit. Estes após compatibilizados estes eram revisados pelo arquiteto da empresa e depois eram encaminhados para o engenheiro civil coordenador de projetos, que os valida para serem utilizados nas obras.
- ✓ Realização de construção racionalizada, que consistiu na execução de projeto de alvenaria racionalizada (Figura 75) com blocos com furos na vertical para a passagem das instalações, evitando a necessidade de rasgos na alvenaria; apresentando também planejamento prévio da execução, projeto de produção, mão de obra treinada, utilização de família de blocos com blocos compensadores para evitar a quebra de blocos na

execução, redução drástica do desperdício de materiais e melhoria nas condições de limpeza e organização do canteiro de obras.

Figura 75 - Alvenaria racionalizada com blocos na vertical no local destinado a passagem das tubulações.



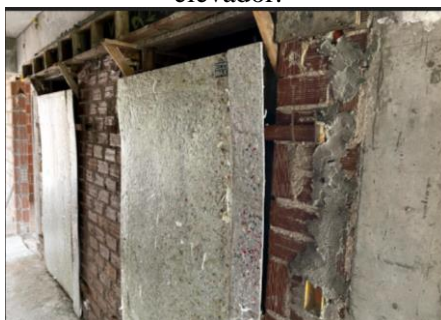
Fonte: Autor.

- ✓ Execução de passagens pré-definidas durante a etapa de concretagem para realização de instalações diversas, através do uso de gabaritos confeccionados com resíduos de madeira, evitando perfurações ou cortes futuros nas estruturas, evitando desta forma a geração de resíduos de concreto.
- ✓ Apresentava também cuidado com o fluxo e estocagem de materiais, através da compra programa, onde eram levantados todos os materiais necessários para cada etapa de execução e entregues de acordo com o cronograma específico; proporcionando desta forma estoques mais enxutos com os materiais necessários para cada etapa de obra. O estoque enxuto além de diminuir o estrago de materiais em decorrência do mal armazenamento, por facilitar a disposição dos materiais obedecendo a ordem de entrada e saída; evitava também o uso em excesso pelos operários.
- ✓ Existia também o cuidado com o transporte de materiais e resíduos dentro do canteiro de obra, utilizado o equipamento correto para cada situação específica, como a utilização de carros de mão e tudo vertical para coleta de resíduos, e utilização de porta pallet para o transporte de materiais paletizados como tijolos e argamassas. Obra também disponibiliza de elevador de carga para o transporte de materiais e pessoas, além de guias e guindastes.
- ✓ Outra maneira de diminuir a geração de resíduos foi através da utilização do aço cortado e dobrado, que necessitava de montagem e pequenas operações de corte e ajustes no canteiro, além do uso da argamassa industrializada para aplicação de emboço, em

detrimento das argamassas tradicionais preparadas em obra, por possibilitar um maior tempo de aplicação.

- ✓ A empresa utilizava chapas ecológicas de material reciclado (Figura 76), na confecção de canteiros, bandejas de proteção e fechamos de poço de elevador, a obra também efetua a logística reversa com os sacos cimento e argamassa, os quais retornam para as empresas em que foram adquiridos.

Figura 76 - Chapas ecológicas de material reciclada utilizadas na confecção de fechamos de poço de elevador.



Fonte: Autor.

- ✓ Como medida de gerenciamento dos resíduos, eram realizadas palestras bimestrais sobre educação ambiental ministradas às equipes de produção (operários, encarregados, técnicos, estagiários, encarregados de produção) pelo setor de qualidade da empresa, para reforçar e atualizar as equipes sobre os conceitos e importância da manutenção da gestão ambiental para um canteiro limpo e organizado, contribuindo desta forma na redução de resíduos.

b.2) Reutilização dos Resíduos

Na obra F foram adotadas as seguintes ações de reutilização dos resíduos:

- ✓ Reutilização de resíduos de solos, areais e argilas para reaterros dentro do próprio canteiro;
- ✓ A madeira proveniente das fôrmas de concretagem era reutilizada na confecção de caixas de passagem para instalações diversas, já as originárias das proteções de periferia e bandejas eram reutilizadas em outras obras para o mesmo fim;
- ✓ Resíduos de placa cerâmica eram utilizados para fazer trinchos;
- ✓ As chapas metálicas das bandejas de proteção eram reutilizadas na construção de bandejas de outras obras;
- ✓ Resíduos de plásticos provenientes de embalagens de tintas e tambores de

desmoldantes, eram limpos com água corrente e depois de secos eram reutilizados como lixeiras ou para armazenar outros tipos de materiais nos canteiros de obra;

- ✓ As louças e metais sanitários com pequenos danos eram reutilizadas na construção de novos canteiros de obras;

b.3) Reciclagem dos Resíduos

A empresa estudada não apresentava nenhuma atividade de reciclagem de resíduos dentro do canteiro de obras, portanto a destinação final consistia em enviar os RCC para um aterro específico de resíduos da construção civil devidamente licenciado, no qual realiza a reciclagem destes resíduos. A empresa selecionada para a destinação final, disponibiliza de maquinário apropriado para o processamento (britagem) e reciclagem dos RCC classe A, produzindo novos materiais, de acordo com as exigências do CONAMA 307/2002, como areia, brita, rachão e cavaco de madeira (pequenos pedaços de madeira resultantes de uma trituração) e por fim o material era comercializado. Os resíduos de plástico, papelão e metais não contaminados eram encaminhados para cooperativa de catadores, a qual realiza a reciclagem desses resíduos.

5.2 Análise dos Resultados

A análise dos resultados está dividida em cinco partes: a) análise do PGRCC, b) Análise das medidas de redução, c) análise das medidas de reutilização, d) análise das medidas de reciclagem e e) diretrizes e ações propostas. As informações apresentadas foram obtidas através das aplicações do *checklist* nas obras (*Apêndice A*) e foram compiladas no *Apêndice B*, com o objetivo de apresentar os detalhes de aplicação dos 3R's em cada uma das obras estudadas.

5.2.1 Análise do PGRCC

O PGRCC foi elaborado nas obras A, B1, B2, C, E e F pelo setor de engenharia civil da empresa em conjunto com o setor de engenharia de qualidade, e na obra D pelo de engenharia civil juntamente com de Qualidade e Ambiental, pois foi a única empresa possuía um setor de engenharia ambiental específico. A sintetização dos dados do PGRCC de cada obra está apresentada no Quadro 15.

Quadro 15 - Sintetização dos Dados do PGRCC.

Obra	Caracterização	Segregação	Acondicionamento	Transporte	destinação Final
A	Histórico de obras anteriores	Obedecia às classe de resíduos estabelecida na resolução CONAMA 307/2002	Foram utilizadas baias fixas e móveis, lixeiros de coleta seletiva e caçambas estacionária.	Para a etapa do transporte dos RCC o responsável pela emissão e controle das CTR's em todas as obras era o almoxarife	Resultava em enviar os resíduos para um aterro específico de RCC
B1	Histórico de obras anteriores		Foram utilizadas baias fixas e móveis e caçambas estacionária.		
B2	Histórico de obras anteriores		Foram utilizadas baias fixas e móveis e caçambas estacionária.		
C	Histórico de obras anteriores		Foram utilizadas baias fixas e móveis e caçambas estacionária.		
D	Histórico de obras anteriores		Foram utilizadas baias fixas e móveis e caçambas estacionária.		
E	Histórico de obras anteriores		Foram utilizadas baias fixas e móveis e caçambas estacionária.		
F	levantamento estimado da geração de resíduos		Foram utilizadas baias fixas e móveis, bombonas para coleta seletiva e caçambas estacionária.		

Fonte: Autor.

A primeira e a segunda etapa do PGRCC, respectivamente a caracterização e a segregação, foram executadas de acordo com as classes e tipos de resíduos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 307/2002, em todas as obras, todos descritos no PGRCC da obra. A caracterização que consistia na identificação e quantificação dos resíduos tomou como base os dados históricos de construções anteriores, nas obras A, B1, B2, C, D e E; na obra F foi realizado através do levantamento estimado da geração de resíduos, que consistia no levantamento de todos os resíduos que poderiam ser produzidos de acordo com cada fase de execução da obra, como a execução do canteiro, fundações, alvenaria, instalações e acabamento.

A segregação que consistia na triagem dos resíduos era realizada de acordo com as classes e tipos de RCC, tomando o devido cuidado de separar os resíduos contaminados em todas as obras, além segregar os resíduos que seguiriam para logística reversa como sacos de cimento, sacos de argamassa e placas de granito.

Para o acondicionamento foram utilizadas baias fixas e móveis, bombonas, lixeiras de coleta seletiva e caçambas estacionárias. Apenas as obras A e F possuíam recipientes para a coleta seletiva de resíduos por pavimento da edificação, nas demais estes recipientes encontravam-se apenas no térreo de cada obra.

Para a etapa do transporte dos RCC o responsável pela emissão e controle das CTR's em todas as obras era o almoxarife, em todas as obras.

A destinação final, resultava em enviar os resíduos para um aterro específico de RCC, em todas as obras. Os aterros selecionados, recebiam qualquer tipo de RCC, como os resíduos de classe A, gesso e os materiais não minerais (metal, plástico, madeira e papel) e os separa dos resíduos de concreto e alvenaria caso chegassem misturados, realizando a tratamento adequado para cada tipo de resíduo, em diante os materiais granulares resultantes dos resíduos de classe A e os de madeira que foram triturados eram comercializados para a indústria da construção civil, e os demais que não estavam contaminados eram doados para cooperativas de catadores ou de recicláveis.

Apenas as empresas B1, B2 e C encaminhavam os resíduos de madeira para comerciantes locais para serem utilizadas em fornos de aquecimento.

Apenas a obra E destinava os resíduos de gessos para empresas de agricultores locais para serem utilizados como fertilizantes, nas demais, este era encaminhado para o aterro de RCC.

Após a coleta dos dados, pôde-se constatar todas as empresas construtoras cumpriam as cinco etapas apresentas no do PGRCC.

5.2.2 Análise das ações de redução

A análise das ações de redução dos RCC, apresentou medidas e detalhes de cada uma das atividades realizadas nos canteiros de obras que proporcionaram a redução de resíduos, tais como: o cuidado com o fluxo e estocagem de materiais, o uso de equipamentos de transporte correto para os resíduos e os materiais, o cuidado na escolha dos materiais para a execução das obras, com a opção de materiais que proporcionaram baixa geração de resíduos; a escolha por sistemas construtivos racionalizados e/ou inovadores na execução das obras, a aplicação de medidas de gerenciamentos de resíduos como: a utilização da educação ambiental ministradas nos canteiros de obras para as equipes de produção, a aplicação da logística reversa dos materiais e uso da demolição seletiva.

Com relação às ações de redução, o cuidado com o fluxo e estocagem dos materiais demonstrou

ser uma preocupação dos empreendedores visto que todas as obras apresentaram estoques enxutos; esta medida facilitava a disposição dos materiais, obedecendo às ordens de entrada e saída, evitando, desta forma, o uso em excesso pelos operários e os estragos de materiais por mal armazenamento.

Observou-se que o transporte de resíduos e materiais, em todas as obras, foi realizado com o uso do equipamento aquedado para cada situação específica, entre os mais utilizados estavam: os carro de mão (100%) e as jericas (71%) para transporte de resíduos, além dos tubos coletores que queda (43%); a bob-cat foi utilizada apenas na obra horizontal devida à necessidade de transportes a longas distâncias, o uso do porta pallet (100%) para o transporte de materiais paletizados como argamassas e blocos cerâmicos, auxiliados por transportes verticais como guias, guindastes e elevadores de carga (exceto na obra horizontal que não se fez uso destes equipamentos). De acordo com Silva, Santos e Klamt (2015), o uso correto dos equipamentos de transporte é de suma importância para evitar o desperdício de materiais.

Ações aplicadas na escolha dos materiais foi destaque em 100% das obras, através do uso de materiais, como: aço cortado e dobrado, argamassa industrializada, materiais reciclados, tubulações em PEX e materiais pré-moldados. O aço cortado e dobrado foi destaque em 86% das obras e 14% utilizou o aço, cortado, dobrado e montado; estas duas ações evitaram sobras de aço nas obras; também se fez uso da argamassa industrializada pronta para mistura presente em 71% das obras e 14% utilizou a argamassa pronta para uso (argamassa estabilizada). As duas ações proporcionaram redução dos resíduos de argamassa por proporcionar um maior tempo de aplicação (Akbuulut & Gurer, 2007; Bragança et al., 2015), no caso da argamassa estabilizada pode chegar a 24hs, de acordo com a obra estudada. Já a obra de edificações horizontais utilizava a argamassa convencional, visto que a utilização da argamassa industrializada estava em estudo para utilizada pela mesma.

O material reciclado para a execução foi destaque em 71% das obras, através do uso de chapas ecológicas de material reciclado para construção de tapumes, edificações provisórias nos canteiros e piso de bandejas de proteção. Utilizou-se também chapas de madeira reflorestada para fechamento de shafts. O uso de produtos que utilizam resíduos reciclados em sua fabricação merece na escolha por materiais ecológicos na construção civil por contribuírem com a redução da carga ambiental na destinação destes resíduos (Wang et al., 2015; Tam & Hao, 2016).

Destacou-se também a utilização de tubulações em PEX (tubulação flexível fabricada em polietileno reticulado), em 14% das obras, para execução de instalações de água fria, quente e gás de cozinha; este material, por ser flexível gera menos resíduos e necessita de menos conexões em relação às tubulações de PVC. Foi importante também a utilização de muros em placas pré-moldadas de concreto, em 28% das obras e pilares pré-moldados de concreto para instalação de caixas d'água em 14%, que por serem peças produzidas dentro de um parque fabril, estas eram transportadas conforme a necessidade das obras e chegavam prontas para a montagem, proporcionando benefícios como a agilidade de execução e redução de resíduos.

A construção racionalizada estava presente em todas as obras, através de projetos de alvenaria racionalizada (85%) com aplicação de blocos na vertical nos locais para a passagem de instalações, planejamento prévio da execução, projeto de produção, mão de obra treinada, utilização de família de blocos compensadores para evitar a quebra de blocos na execução, contribuindo, desta forma, com a redução do desperdício de materiais e melhoria nas condições de limpeza e organização do canteiro de obras. Fez-se uso também de paredes de concreto moldada *in loco* (15%) com divisórias internas de gesso acartonado. De acordo com Gehbauer (2004) e ABD (2018), os sistemas racionalizados além de aumentar a produtividade e a competitividade na construção civil, reduzem os desperdícios e os volumes de resíduos gerados nas obras, proporcionando ganhos para o meio ambiente.

As obras apresentavam também como medida de redução dos RCC, o cuidado com a execução dos serviços e produção dos materiais dentro dos canteiros (100%), evitando a superprodução, através do planejamento para cada etapa de execução. Outra medida para a redução foi a utilização de caixas pré-definidas confeccionadas com resíduos de madeira para serem utilizadas na estrutura durante a concretagem e servirem de posterior passagem para instalações diversas, evitando desta forma perfurações e cortes da estrutura com geração de resíduos de concreto.

Como medida de gerenciamento dos resíduos, a educação ambiental, ministrada pela equipe de engenharia de qualidade das empresas, estava presente em 100% das obras estudadas, com o objetivo de conscientizar as equipes de produção (operários, encarregados, técnicos, estagiários, encarregados de produção) quanto à importância da gestão ambiental, para um canteiro limpo e organizado. Silva e Pertel (2020) citam que a educação ambiental ministrada aos trabalhadores nos canteiros de obras, proporciona uma maior prevenção de falhas no

planejamento das etapas de segregação, acondicionamento e transporte dos resíduos, além de contribuir com ganho social, já que o emprego do conhecimento adquirido não se restringe ao ambiente de trabalho, podendo ser aplicável no dia-a-dia das pessoas.

A logística reversa foi implantada de 71% das obras estudadas, com o retorno para as empresas de fornecimento de materiais, como: sacos de cimento (57%), sacos de argamassa (57%) e peças de granito danificadas (14%). De acordo com Housseini et al. (2015) e, Santos e Marchesini (2018), a logística reversa proporciona benefícios as empresas construtoras como a possibilidade de obter-se mais lucros com a redução dos custos de destinação e a possibilidade de comercialização dos resíduos; além de aspectos legais e melhoria de imagem junto aos consumidores.

A demolição seletiva estava presente em 43% das obras na execução dos canteiros, para Gangolells et al. (2014), pode-se reduzir os resíduos em obra introduzindo o sistema de desconstrução ou demolição seletiva, ou seja, buscando-se projetar a desmontagem do edifício no sistema inverso da construção, de modo a possibilitar a recuperação de materiais e componentes da construção, promovendo a sua reutilização e reciclagem.

Os sistemas construtivos inovadores, estavam presentes em 29% das obras, sendo eles: fachadas ventiladas na obra B2 e fôrmas metálicas incorporadas e estaca terra-probe sem adição de material na obra C, estes três sistemas proporcionaram obras mais limpas e execuções mais enxutas, com pouca geração de resíduos (Freitas et al., 2015; Bezerra, 2018).

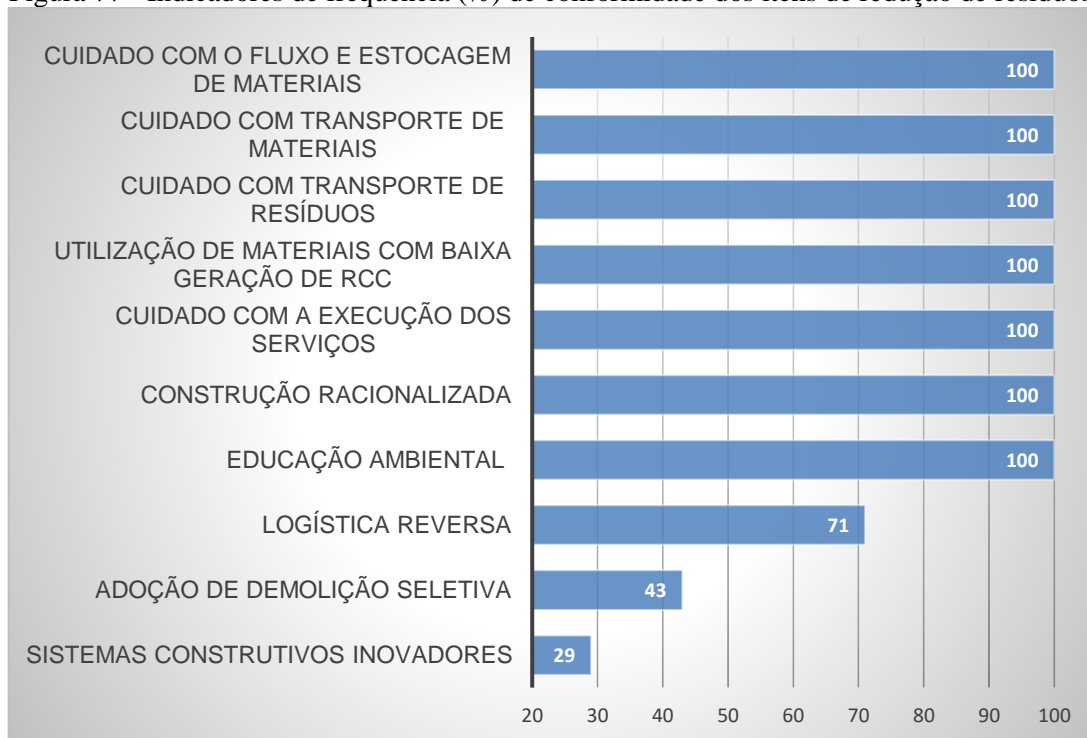
Para Mendes, Morais e Brandão (2016) e Bezerra (2018), nas obras de fachadas ventiladas o impacto ambiental é bem menor quando comparado ao revestimento tradicional, por apresentar estruturas moduladas que são fixadas à estrutura por meio de chumbamento, parafusos e estruturas metálica leves, além de não necessitarem da execução de todas as etapas que envolvem as fachadas convencionais de pastilhas como chapisco e emboço.

As fôrmas metálicas incorporadas, são compreendidas de uma estrutura metálica nervurada com orifícios onde são montadas juntamente com armações, que são incorporadas a estas, tornando-se parte da estrutura; apresentavam como vantagem o não reaproveitamento do material, por não serem realizadas desformas e por não necessitarem da guarda e descarte de peças usadas, como acontece com as fôrmas de madeira que se transformam em resíduos no

pós obra, o que garante a sustentabilidade do produto (Freitas et. al., 2015).

A estaca de Terra-probe sem adição de material consiste em um método de compactação do solo que utiliza como principais ferramentas um vibrador e um tubo de diâmetro específico, que mediante vibrações verticais, introduz o tubo no solo com o objetivo de densificação do terreno, sem injeção de água ou material melhorado (Amorim, 2019). Esta estaca sem adição de material constitui em método sustentável por não necessitar de materiais granulares em comparação às estacas de melhoramento de solo convencionais e não geram resíduos de construção em comparação estacas pré-moldadas de concreto que necessitam do arrasamento das “cabeças” de estacas. A Figura 77 apresenta os indicadores de frequência de conformidade dos itens de redução de resíduos encontrados nas obras estudadas.

Figura 77 - Indicadores de frequência (%) de conformidade dos itens de redução de resíduos.



Fonte: Autor.

A implantação de todas as medidas citadas na Figura 77 foi de grande importância para a obtenção de processos executivos com menor desperdício de mão de obra e insumos, que além de contribuir com a redução da quantidade de erros e retrabalhos, proporcionou construções de maior qualidade em termos construtivos, produções mais enxutas e ambientalmente sustentáveis, resultando em processos executivos mais eficientes que reduziram a geração de resíduos. Diante do exposto a adoção de medidas de redução dos resíduos por parte das

empresas consiste em uma etapa importante para a mudança do paradigma e o fortalecimento do aprendizado da indústria da construção civil, uma vez que prepara e capacita as empresas e seus colaboradores para um novo cenário de exigências legais, comerciais e ambientais voltadas para o desenvolvimento sustentável (DUARTE; MACHADO; PASCHOALIN FILHO, 2019).

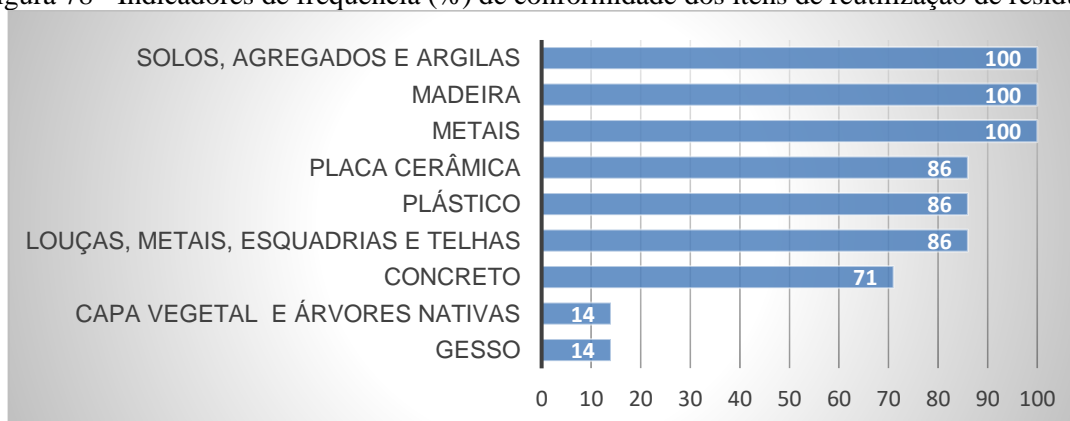
5.2.3 Análise das ações de reutilização

A análise das ações de reutilização, contemplam as boas práticas para os materiais encontrados na execução das obras estudadas, como: madeira, placas cerâmicas, plástico, louças sanitárias, gesso, metais e agregados. Com relação às ações de reutilização, os resíduos de solos, agregados e argilas; madeira e metais foram aproveitados em 100% das obras estudadas. Seguidos dos resíduos de placas cerâmicas, plástico, louças e metais sanitários (86%), dos de concreto (71%) e por fim os resíduos de gesso, capa vegetal e árvores nativas que corresponderam à 14% de reutilização.

A principal aplicação para os resíduos de madeira foi para a confecção de fôrmas para a passagem de instalações diversas antes das concretagens, instalação em bandejas e utilização em sinalizações, já os resíduos de cerâmica eram utilizados para fabricação de trinchos; as louças e metais sanitários, assim como as esquadrias e telhas eram aproveitados na construção de novos canteiros de obras; os resíduos de concreto para fabricação de vergas e contravertas, além de reaterros; os de solo e materiais granulares em geral no nivelamento de terrenos; os metálicos na confecção de bandejas de proteção das próximas obras e os de plástico para o armazenamento de materiais.

Os resíduos de gesso (placas de gesso acartonado) foram reutilizados para o fechamento de shafts e readequação em áreas comuns (14%) das obras; nas demais obras o gesso não apresentou nenhum tipo de reutilização e os resíduos de capa vegetal e árvores nativas foram reutilizados no paisagismo da construção, em 14% das obras. A Figura 78 apresenta os indicadores de frequência de conformidade dos itens de reutilização de resíduos.

Figura 78 - Indicadores de frequência (%) de conformidade dos itens de reutilização de resíduos.



Fonte: Autor.

O estudo das ações de reutilização citado na Figura 78, demonstra que é possível reutilizar uma grande quantidade e diversidades de resíduos gerados na construção de edifícios e que muitos desses, apresentam potenciais condições de reutilização, como, os resíduos de agregados, madeira e metais, que foram reutilizados em 100% das obras e que outros necessitam de maiores estudos para ampliar estas medidas, como os resíduos de gesso, que foram reutilizados em 14% das obras.

De acordo com Bertol (2015) e Lukman et. Al. (2018) a prática das ações de reutilização dos RCC reduz a quantidade de matéria-prima necessária à construção das edificações e diminui a poluição, por reduzir a carga ambiental em decorrência da destinação final desses; além de proporcionar redução das despesas, por partes das empresas, com a destinação desses aos aterros de RCC.

5.2.4 Análise das ações de reciclagem

A análise das ações de reciclagem, por sua vez, contemplou as boas práticas para os materiais encontrados nas obras estudadas, como: madeira, placas cerâmicas, plástico, louças sanitárias, gesso, metais e agregados.

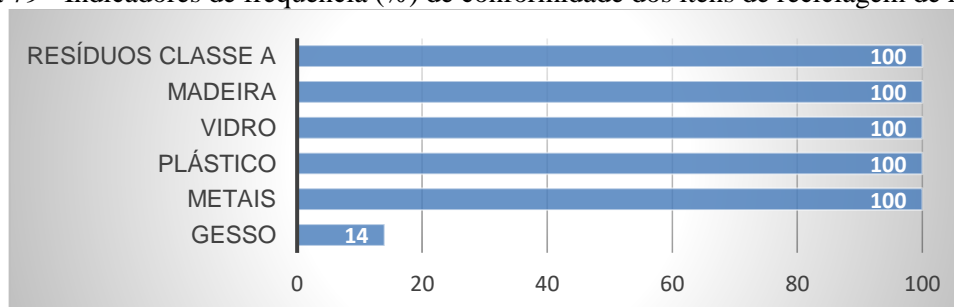
Com relação às ações de reciclagem, apenas a obra D realizava esta atividade dentro do canteiro de obras, nas demais ficava a cargo das empresas selecionadas para destinação final (Aterro de RCC). Nesta obra, era realizada a reciclagem da maior parte dos resíduos de classe A, por meio do tratamento com triagens caso estivessem misturados e após este processo, estes eram triturados no local através de britadores de rocha que os transformavam em agregados para

serem reutilizados posteriormente em aterros e nivelamentos de ruas dentro da obra. Os resíduos de classe A que não poderiam ser reutilizados eram encaminhados então para aterros de RCC. A empresa citou também não aplicar o gesso, nem no revestimento nem no forro das casas, pois nestas o revestimento era realizado com massa PVA com posterior pintura e a coberta era confeccionada em estrutura metálica com telha.

Todas as obras encaminhavam os resíduos para aterros específicos de resíduos da construção civil, que executavam o processamento (britagem) e reciclagem dos RCC, produzindo novos materiais, de acordo com as exigências do CONAMA 307/2002 (BRASIL, 2002), como areia, brita, rachão (Exceto a obra D) e cavaco de madeira (pequenos pedaços de madeira resultantes de uma trituração), para pôr fim serem comercializados. As obras B1, B2 e C citaram encaminhar a maior parte dos resíduos de madeira para comerciantes locais, para serem utilizadas como lenha par fornos, e a parte restante seguia para os aterros de RCC.

Outra informação importante é que a obra F encaminhava a maior parte dos resíduos de plástico, papelão, papel, madeira e vidro, para associação de catadores, que produzia e comercializava fardos destes materiais como matéria-prima para indústrias de processamentos diversos, e a parte restante seguia para os aterros de RCC. Nas demais estes resíduos eram encaminhados exclusivamente, para os aterros de RCC. A obra E (14%) que encaminhava os resíduos de gesso para agricultores locais, onde eram reciclados e utilizados como fertilizantes. A Figura 79 apresenta os indicadores de frequência de conformidade dos itens de reciclagem de resíduos.

Figura 79 - Indicadores de frequência (%) de conformidade dos itens de reciclagem de resíduos.



Fonte: Autor.

Todos os aterros, que eram encaminhados os RCC, mencionaram reciclar todos os resíduos recebidos, de: resíduos de classe A, madeira, vidro, plástico e metais, seja na própria unidade ou encaminhando para cooperativas de catadores (exceto os de classe A), apenas o gesso que citaram estocar para serem transformados no futuro em novas placas ou em gesso para correção de solo, através de uma futura unidade de processo deste material. Gangolells (2014) destaca

que a reciclagem dos RCC traz inúmeros benefícios econômicos e ambientais, pois minimizam a extração de recursos naturais, além de diminuir os níveis de poluição no meio ambiente através da transformação dos resíduos em novos materiais.

5.2.5 Diretrizes e ações propostas

Tendo por base o conjunto das informações coletadas e das experiências vivenciadas pelo presente autor através das pesquisas bibliográficas e de campo realizadas nas obras, as quais compõem este trabalho, sistematiza-se neste tópico as diretrizes e uma proposta de ações voltadas à redução, reutilização e reciclagem de resíduos na construção de edifícios.

As diretrizes consistem nas orientações que devem balizar a condução das ações propostas. De acordo Barros (1996), Lordsleem Jr. (2002), Carneiro e Rabbani (2018), as diretrizes buscam direcionar o encaminhamento das ações para que o resultado final tenha maiores possibilidades de sucesso. Já as ações, devem ser contempladas num plano (documento), através do qual são identificadas as atividades a serem realizadas, necessárias para atingir o objetivo. O Quadro 16 apresenta as diretrizes para implantação dos 3R's na construção de edifícios.

Quadro 16 - Diretrizes para a implantação dos 3R's na construção de edifícios.

3R's	Diretrizes para a implantação dos 3R's
Redução dos RCC	Pesquisar e implantar processos construtivos racionalizados e/ou inovadores que possam contribuir com a redução dos RCC.
	Desenvolver e aplicar as ações de gerenciamento estabelecidas diretrizes estabelecidas no Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) elaborado para obra, respeitando e cumprindo as 5 etapas pertinentes (caracterização, segregação, acondicionamento, transporte e destinação final dos RCC).
	Pesquisar e implementar ações de gerenciamento das equipes de produção, incluindo a realização de palestras para conscientização dos colaboradores sobre a gestão dos RCC nos canteiros de obras.
	Pesquisar e implementar ações voltadas a execução das obras que possam contribuir com a redução dos RCC, como por exemplo: a realização de treinamentos das equipes de produção sobre a execução adequada dos serviços e a efetivação de práticas de planejamento prévio para cada etapa de serviço desenvolvido no canteiro de obras.
	Pesquisar e aplicar materiais industrializados que possam otimizar a execução das obras e diminuir a geração de RCC.
	Pesquisar e aplicar materiais ecológicos que apresentem redução dos RCC, tanto na fabricação quanto na utilização nos canteiros.
	Pesquisar e adotar equipamentos adequados tanto para o transporte de resíduos quanto de materiais, objetivando evitar o desperdício de materiais nos canteiros de obra.
Reutilização dos RCC	Pesquisar e analisar quais os materiais que serão utilizados na execução das obras e realizar estudos prévios sobre as ações de reutilização que poderão ser implantadas nos canteiros que possam contribuir com a redução dos RCC.

3R's		Diretrizes para a implantação dos 3R's
Reciclagem dos RCC		Pesquisar e analisar quais os materiais que serão utilizados na execução das obras e realizar estudos prévios sobre as ações de reciclagem que poderão ser implantadas nos canteiros que possam contribuir com a redução dos RCC.

Fonte: Autor.

Para o detalhamento do plano que contempla as ações propostas para a implantação dos 3R's foi utilizada a ferramenta da qualidade 5W2H, cuja sistematização permite melhor organizar as informações necessárias. Daychoum (2007) afirma que esta ferramenta consiste em basicamente fazer perguntas no sentido de obter as informações que servirão de apoio ao planejamento de uma forma geral. Ainda, de acordo com Daychoum (2007), o 5W2H deve ser utilizado para referenciar as decisões de cada etapa no desenvolvimento do trabalho, identificar as ações e responsabilidades de cada agente do processo na execução das atividades e planejar as diversas ações que serão desenvolvidas. No Quadro 17 está demonstrado um modelo tradicional de Plano de Ação.

Quadro 17 - Plano de ação 5W2H.

Método dos 5W2H			
5W	What	O que?	Que ação será executada?
	Who	Quem?	Quem irá executar/participar da ação?
	Where	Onde?	Onde será executada a ação?
	When	Quando?	Quando a ação será executada?
	Why	Por quê?	Porque a ação será executada?
2H	How	Como?	Como será executada a ação?
	How much	Quanto Custa?	Quanto custa para executar a ação?

Fonte: Adaptado de Daychoum (2007).

O plano que contempla as ações propostas para a implantação dos 3R's apresentado no quadro 18, o qual deve levar em consideração os seguintes aspectos:

- ✓ As ações propostas para a redução dos resíduos são resultantes das observações e dados coletados durante as visitas *in loco* realizadas nos canteiros de obras, assim como das informações oriundas da revisão bibliográfica, sendo as principais: o cuidado com a escolha dos processos construtivos utilizados nas obras, com o armazenamento dos materiais e dos transportes de materiais e resíduos, além do cuidado na escolha dos materiais para a construção dos edifícios e medidas aplicadas no gerenciamento dos RCC;

- ✓ já as ações propostas para a reutilização e a reciclagem dos resíduos, abordaram as boas práticas para os principais tipos de resíduos utilizados na construção de edifícios, como: concreto, agregados, madeira, plástico, metais e gesso;
- ✓ os prazos foram definidos de acordo com as dificuldades para implantação, selecionados em curto prazo (até 4 meses), médio prazo (até 8 meses) e longo prazo (até 12 meses);
- ✓ o custo, não se aplicou a pesquisa, visto que para aplicação e implantação das medidas são utilizados os recursos disponíveis nos canteiros de obras.

A quantidade e a complexidade das ações para a implantação dos 3R's apresentadas no Quadro 18, foram aquelas cuja percepção e/ou frequência de utilização resultaram em benefícios qualitativos e quantitativos para, pelo menos, minimizar a geração de resíduos.

Quadro 18 - Plano de ação proposto para a aplicação dos 3R's na construção de edifícios considerando a ferramenta, 5W2H.

AÇÃO	PORQUE	PRAZO	ONDE	QUEM	DIRETRIZES	CUSTO
Escolha dos processos construtivos	Redução de resíduos	Longo prazo	Serviços executados nas obras	Direção e equipe técnica da empresa construtora	Escolha por processos construtivos racionalizados como a alvenaria racionalizada, que por apresentar projeto específico e mão de obra treinada, evita-se a geração de resíduos; além da opção por tecnologias inovadoras para a construção de edifícios que venham a contribuir com a aplicação dos 3Rs.	Não se aplica

AÇÃO	PORQUE	PRAZO	ONDE	QUEM	DIRETRIZES	CUSTO
Escolha de materiais utilizados na execução de obras	Redução de resíduos	Longo prazo	Materiais utilizados nas obras	Direção e equipe técnica da empresa construtora	Escolha por materiais industrializados e/ou ecológicos como por exemplo: o uso de argamassas industrializadas pronta para a aplicação (argamassa estabilizada), aço cortado, dobrado e montado, ambos chegam na obra pronto para a utilização; tijolos ecológicos, que são produzidos com materiais reciclados como plásticos, resíduos de pneu e garrafa pet, além dos de solo-cimento.	Não se aplica
Produção de materiais no canteiro de obras	Redução de resíduos	Curto prazo	Serviços executados nas obras	Equipe de produção do canteiro de obras (Encarregados e operários)	Controle da produção através do planejamento para cada etapa de execução da obra e consulta a projetos compatibilizados, evitando desta forma, o desperdício e a superprodução.	Não se aplica
Fluxo e estocagem de materiais	Redução de resíduos	Curto prazo	Serviços executados nas obras	Equipe de administração do canteiro de obras (Engenheiro e Almojarife)	Controle do armazenamento dos materiais através da opção por estoques enxutos, que são possíveis através da compra planejada, sendo estes, entregues de acordo com a necessidade da obra, facilitando desta forma o fluxo e disposição destes dentro do almoxarifado, evitando, portanto, o estrago por mal armazenamento.	Não se aplica

AÇÃO	PORQUE	PRAZO	ONDE	QUEM	DIRETRIZES	CUSTO
Transporte de materiais e resíduos no canteiro de obras	Redução de resíduos	Curto prazo	Equipamentos utilizados nas obras	Equipe de produção do canteiro de obras (Encarregados e operários)	Deve-se utilizar o equipamento correto para cada material como o uso de transportes horizontais como: carros de mão, jericas, porta palete e o uso dos transportes verticais como elevadores de carga, guindastes; além dos específicos para o transporte de resíduos como os tubos coletores de queda.	Não se aplica
Gerenciamento dos resíduos	Redução de resíduos	Médio prazo	Serviços e materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e Qualidade do canteiro de obras (Engenheiro civil e de Qualidade)	Deve-se aplicar nos canteiros a educação ambiental, através de palestras mensais com o objetivo de orientar e conscientizar as equipes de produção como encarregados, técnicos e operários sobre a importância do gerenciamento ambiental dos resíduos. Outra boa prática é a utilização da logística reversa das embalagens como sacos de cimentos, argamassas, recipientes metais ou plásticos, placas de granito, contribuindo, desta forma com a redução dos RCC's na destinação final.	Não se aplica
Reutilização de resíduos de solos, areia e argila	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Utilização em aterros ou reaterros. Reutilização dos resíduos de solos, areia e argila em obras viárias.	Não se aplica

AÇÃO	PORQUE	PRAZO	ONDE	QUEM	DIRETRIZES	CUSTO
Reutilização de resíduos de Rochas	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Construção de muros de arrimo e execução de jardins.	Não se aplica
Reutilização de resíduos de Rochas Britadas	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Substituição total ou parcial aos agregados convencionais (como a areia, seixo, pedra britada e pó de pedra) na produção de blocos vazados de concreto simples para alvenaria de vedação.	Não se aplica
Reutilização de resíduos de Blocos cerâmicos, concreto, areia e brita	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Bases de pisos, enchimentos, pavimentação e concretos sem função estrutural. Reutilização dos resíduos de concreto para nivelar o canteiro de obras. Os restos de cerâmicas e pisos podem ser reutilizados em outros pisos, em trabalhos artísticos como mosaicos, em bordas de espelho, em bordas de escada, ou em paredes.	Não se aplica
Reutilização de resíduos de Madeira	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Podem ser utilizadas em reforma de formas, escoras, travamentos, cercas, portões, sinalizações e baias. Combustível em fornos ou caldeiras. Fabricação de caixas para passagem de instalações em elementos estruturais. Podem ser utilizadas também em andaimes quando em bom estado.	Não se aplica

AÇÃO	PORQUE	PRAZO	ONDE	QUEM	DIRETRIZES	CUSTO
Reutilização de resíduos de Placas de gesso acartonado	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Readequação em área comum, com fechamentos de shafts.	Não se aplica
Reutilização de resíduos de Gesso	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Revestimento e artefatos para a reciclagem feita pelas empresas de reciclagem e pela indústria gesseira.	Não se aplica
Reutilização de resíduos de Plástico	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Para os acondicionamentos de outros materiais caso não estejam contaminados.	Não se aplica
Reutilização de resíduos de louças e metais sanitários, esquadrias e telhas	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Reutilização em instalações provisórias ou em novas construções.	Não se aplica
Reutilização de resíduos de Metal	Redução e Reutilização de resíduos	Curto prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Os resíduos de metal podem ser reutilizados em outras obras, para confecção de tapumes, bandejas de proteção e andaimes.	Não se aplica
Reciclagem de resíduos de Concreto	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Como agregados em obras de pavimentação, fabricação de areia reciclada, fabricação de pré-moldados, misturas asfálticas.	Não se aplica
Reciclagem de resíduos de Resíduos Mistos	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Conservação e pavimentação de vias urbanas.	Não se aplica
Reciclagem de resíduos de Agregados	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Material drenante em drenos profundos rodoviários, pavimentação, contenção de encostas, canalização de córregos e uso em argamassas e concreto.	Não se aplica
Reciclagem de resíduos de Cerâmica vermelha	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção	Novos tijolos e para produção de agregados na	Não se aplica

AÇÃO	PORQUE	PRAZO	ONDE	QUEM	DIRETRIZES	CUSTO
				do canteiro de obras.	construção de pavimentos.	
Reciclagem de resíduos de Alvenaria	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Concreto leve com alto poder de isolamento térmico e fabricação de novos tijolos.	Não se aplica
Reciclagem de resíduos de Madeira	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Pode ser reciclada e utilizada pela indústria de papel e papelão ou pode ser reciclada na construção de casas e móveis.	Não se aplica
Reciclagem de resíduos de Vidro	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Reciclado em novo vidro, em fibra de vidro, telha e bloco de pavimentação ou, ainda, como adição na fabricação de asfalto.	Não se aplica
Reciclagem de resíduos de Mármore	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	Concreto asfáltico.	Não se aplica
Reciclagem de resíduos de Granito	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	materiais alternativos para a produção de argamassas.	Não se aplica
Reciclagem de resíduos de Metais	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	fabricação de telhas metálicas, sapatas ou pré-moldados.	Não se aplica
Reciclagem de resíduos de Gesso	Redução e Reciclagem de resíduos	Médio e longo prazo	materiais utilizados nos canteiros de obras	Equipe de Administração e de produção do canteiro de obras.	fabricação de novas chapas de drywall; indústria cimenteira; utilização na indústria agrícola como corretivo de solo; produção de fertilizantes e aditivo em processos de compostagem e artefatos para a reciclagem de gesso.	Não se aplica

Fonte: Autor.

As diretrizes apresentadas nesta pesquisa possibilitam a aplicação de medidas práticas de redução, reutilização e reciclagem dos resíduos na construção de edifícios, contribuindo, desta forma com a redução da geração de RCC's e a diminuição da carga ambiental na destinação final; ações, estas, que podem ser complementadas com o estudo de outras atividades que possam ser executadas de acordo com a necessidade de cada obra, como a escolha de outros sistemas e processos construtivos aplicados na execução de edifícios e/ou inovações na execução das obras ou gerenciamentos dos resíduos, que venham a contribuir com a aplicação dos 3R's.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Conclusões

Conclui-se, através dos resultados obtidos na revisão bibliográfica e nos estudos de caso, que é possível melhorar a gestão dos resíduos da construção civil, nos canteiros de obras, através da adoção de práticas de redução, reutilização e reciclagem que auxiliem no tratamento ambientalmente adequado dos RCC.

De início, pode ser observado que todas as obras analisadas elaboraram o PGRCC de acordo com as exigências da Resolução CONAMA nº 307/2002. Nenhuma das obras apresentou incompatibilidades entre as formas de acondicionamento e os tipos de RCC, e as CTR's das mesmas foram adequadamente controladas e emitidas. A destinação final dos resíduos, em sua maioria, consistiu em enviá-los para aterros específicos de RCC e áreas de reciclagem.

Foi possível identificar, como importantes contribuições para a redução de resíduos da construção civil nas obras investigadas, as seguintes ações: compatibilização de projetos; execução da construção racionalizada; utilização de materiais que geram poucos resíduos como: argamassa estabilizada, argamassa industrializada ensacada e blocos de concreto; utilização do aço cortado e dobrado; execução de passagens pré-definidas durante a etapa de concretagem para realização de instalações diversas; implantação da logística reversa; utilização de sistemas construtivos inovadores como: fachada ventilada, fôrmas incorporadas (aço-inox) na fundação e colunas de compactação pela técnica terra-probe sem introdução de material, todas as medidas acima foram importantes para diminuir os impactados resíduos ao meio ambiente, sendo estes, o objetivo prioritário das empresas construtoras, por contribuir com a manutenção da gestão ambiental, com canteiros limpos e organizados dos canteiros, além de diminuir o consumo de recursos materiais na execução das obras

Com relação às ações de reutilização de resíduos, foram identificadas, principalmente, as seguintes: reutilização de resíduos de concreto, tijolo e argamassa para nivelar o canteiro de obras; reutilização de resíduos de madeira para a confecção de passagem para instalações durante a concretagem e para construções provisórias no canteiro; reutilização de resíduos de concreto para a execução de vergas e contra vergas; reutilização de resíduos de cerâmica para produção de trinchos e soleiras no canteiro.

A reciclagem foi realizada pelos aterros de RCC, áreas de reciclagem e cooperativas de catadores, devidamente licenciados, nos quais foi realizada a reciclagem com tratamento ambientalmente adequado, de acordo com as exigências da Resolução CONAMA nº 307/2002, aos resíduos. Apenas uma empresa realizou a reciclagem no canteiro de obras, nas demais este processo ficava sobre responsabilidade dos aterros de RCC.

O gesso foi o único material que não apresentou nenhuma atividade de reciclagem, apesar das empresas selecionados para a destinação final dos resíduos citarem que estão estudando a implantação de unidades de processamento deste material, para ser reinserido como blocos de gesso para a construção ou como corretivo de solo para a agricultura. Assim como o estudo da reutilização o da reciclagem reduziu os impactos ao meio ambiente por diminuir a carga ambiental de materiais não aproveitados encaminhados aos aterros. É importante destacar que todas as empresas construtoras citaram encaminhar os RCC para aterros de RCC que realizam a reciclagem de todos os resíduos não contaminados, seja no próprio aterro ou encaminhando para cooperativas de reciclagem.

Neste contexto, A reciclagem dos resíduos de construção civil faz com que o processo de produção/construção, tido antigamente como um processo linear, se torne algo cíclico, promovendo nova destinação ao RCC de modo ambiental, social e economicamente mais adequada.

Nas visitas aos canteiros, foram enfrentadas algumas dificuldades para obter informações referentes ao gerenciamento dos resíduos, principalmente em relação ao levantamento do volume de resíduos gerados, por tipo e classe como especifica a resolução Conama 307 de 2002, desde a geração até sua destinação final, assim também, como o acesso a documentos tornando-se esta falta de informações uma barreira para avaliação do desempenho das ações direcionadas a aplicação de boas práticas dos 3R's nos canteiros estudados.

Neste contexto, o estudo da aplicação dos 3R's na construção de edifícios pode ser uma fonte útil de informações para as empresas construtoras, administração pública e pesquisadores da temática de resíduos de construção, visando reduzir a geração de resíduos através da aplicação dos 3R's na construção de edifícios.

6.2 Recomendações para trabalhos futuros

É recomendável que as empresas construtoras desenvolvam metodologias para quantificar a geração dos resíduos em seus canteiros com o objetivo de melhorar e avaliar a aplicação dos 3R's na construção de edifícios. Outrossim, podem ser desenvolvidos estudos com a inclusão dos dados obtidos junto aos pesquisadores de RCC e geradores, visando quantificar a massa total de resíduos gerada por ano na cidade do Recife e Caruaru.

Também é recomendável o envolvimento da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade das Prefeituras do Recife e de Caruaru e dos geradores, tendo em vista a discussão conjunta da problemática ambiental dos RCC nas cidades fontes de estudo.

A aplicação das ações de aplicação dos 3R's na construção civil no Brasil ainda é muito recente, mas possui um caminho de muita transformação. Recomenda-se mais pesquisas para a incorporação desse conceito no setor de construção civil, e a elaboração de metodologias práticas de sua aplicação, pois esse mercado permite alcançar um nível elevado de desenvolvimento sustentável a partir de pequenas alterações que vão desde a concepção de projetos ao comportamento de construtores. É, portanto, um caminho possível de ser seguido pela indústria da construção civil, mas para que ocorra sua maior difusão são necessárias mudanças de pensamentos e atitudes, que vão desde o poder público, passando por toda a cadeia produtiva da indústria até as empresas construtoras, que possui o poder de transformação exigindo construções mais sustentáveis.

Pesquisas futuras poderão abordar aspectos relativos aos RCC destinados aos aterros de RCC, com relação aos processos reciclagem, estudando e obtendo informações sobre a maneira e os tipos de materiais que são produzidos tanto pelos aterros quanto pelas empresas parceiras dos aterros, que destinam e tratam o restante dos resíduos como os de plástico, papelão, vidro, mármore, granitos e metais que não são reciclados nos aterros de RCC, com o objetivo de obter a cadeia completa de tratamento e processamentos de todos os resíduos destinados aos aterros de RCC.

REFERÊNCIAS

AKBULUT, H.; GÜRER, C. Use of aggregates produced from marble quarry waste in asphalt pavements. **Building and Environment**, 42, 5 (2007).

ALBUQUERQUE, T. L.; SANTANA, C.G. Desperdício de material no canteiro de obras de médio porte em São Luís-MA na atualidade. **Revista CEDS** (Centro de estudos em desenvolvimento sustentável), n. 9, agost. /dez. 2018.

ALVES, F.R.F. **Estimativa da geração de resíduos da construção civil no município de campo mourão – PR**, 2015. 27 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em engenharia Civil) – Campos Mourão, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

AMORIM, M. D. P. **Proposta de Modelo de Transferência de Carga de Fundação Superficial em Terreno Melhorado com Estacas de Compactação**, 2019. 169f. Dissertação (Mestrado em engenharia civil), Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, pp. 34-58, 2019.

ARSHAD, H. et al. Quantification of Material Wastage in Construction Industry of Pakistan: An Analytical Relationship between Building Types and Waste Generation. **Journal of Construction in Developing Countries**, v. 22, n. 2, p. 19–34, 2018.

ARAÚJO, B.M., MARTINS, G.S., FERREIRA, G.S. **Estudo do Resíduo de Construção Civil para Uso em Drenagem Profunda**. Anais... *In*: Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica na Região Centro Oeste, 5ª edição, 8 p, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Sistemas construtivos racionalizados permitem obras mais rápidas e eficientes (2020)**. Disponível em: <https://abcp.org.br/imprensa/noticias/sistemas-construtivos-racionalizados-permitem-obras-mais-rapidas-e-eficientes/>. Acesso em: 11 set. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). **Encontro Nacional das Usinas de Reciclagem de RCD apresenta dados inéditos sobre a reciclagem de entulho no Brasil - Pesquisa setorial 2020**. Disponível em: <https://abrecon.org.br/>. Acesso em: 7 abr. 2022.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO TIJOLO ECOLÓGICO (ANITECO). **O Tijolo Ecológico**. Disponível em: <https://www.aniteco.org.br/o-tijolo-ecologico>. Acesso em: 11 set. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos sólidos no Brasil – 2021**. Disponível em: [https:// https://abrelpe.org.br/panorama/](https://abrelpe.org.br/panorama/). Acesso em: 25 junh. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL (ABD). **Resíduos de gesso na construção civil: coleta, armazenagem e reciclagem**. São Paulo, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL (ABD). **Tudo o que você precisa saber sobre drywall**. São Paulo, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

BAUER, E.; REGUFFE, M.; NASCIMENTO, M.L.M; CALDAS, L.R. Requisitos das argamassas estabilizadas para revestimento. *In*: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 11, Porto Alegre. Anais Eletrônicos... Porto Alegre: ANTAC, 2015. Disponível em: < <http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/485>>. Acesso em: 04 abr. 2021.

BARROS, M. M. S. B. “**Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios.**”1996.454p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, USP, 1996.

BERTOL, M. **Estudo dos Impactos da Reutilização de Resíduos da Construção Civil.** 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, RS, Brasil.

BEZERRA, L.F.M.H. **Revestimentos externos em edificações: uma abordagem comparativa entre fachadas utilizando-se pastilhas cerâmicas e fachadas ventiladas sob a ótica do custo,** 2018. 96 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina.

BRAGANÇA, M. O. G. P; PORTELLA K. F.; TREVISOL JR., L. A. Estudo comparativo entre as argamassas: estabilizada, dosada em central, industrializada e produzida em obra por meio de ensaios físicos nos estados fresco e endurecido. *In*: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 11, Porto Alegre. Anais Eletrônicos... Porto Alegre: ANTAC, 2015. Disponível em: < <http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/482>>. Acesso em: 04 abr. 2021.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece Diretrizes, Critérios e Procedimentos para a Gestão dos Resíduos de Construção Civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 jul. 2002. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 03 set. 2020.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução N. 431 de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 maio 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 03 set. 2020.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução N. 448 de 18 de janeiro de 2012. Altera os artigos. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jan. 2012. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 03 set. 2020.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 469, de 29 de julho de 2015, alterou a norma que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos sólidos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 4 maio 2015. Disponível em:

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>. Acesso em: 03 set. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 ago. 2010 Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 03 set. 2020.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica** **61**, Teresina, v. 61, n. 358, p. 178–189, 2015.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Oito pontos sobre o crescimento da construção civil e seu impacto no PIB (2019)**. Disponível em: https://cbic.org.br/pt_BR/oito-pontos-sobre-o-crescimento-da-construcao-civil-e-seu-impacto-no-pib/. Acesso em: 11 set. 2020.

CARNEIRO, M. O.; RABANNI, E. R. K. proposta de estrutura e diretrizes sustentáveis para projetos de construção aplicáveis em construtoras de pequeno porte. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.10, n.2, p.117-131, 2018.

CASTRO, A.A. Avaliação do ciclo de vida dos materiais como ferramenta para a gestão dos resíduos na indústria da construção civil. **Revista educação ambiental em ação**, n.65, 2018.

DAYCHOUM, M. 40 ferramentas e técnicas de gerenciamento. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

DONDO, M. V. M. Avaliação da gestão de resíduos da construção civil em Cuiabá e Várzea Grande. **Revista DAE**, 2017.

DUARTE S., T.F.; MACHADO, B.A.; PASCHOALIN FILHO, J.A. Inovação tecnológica no gerenciamento de resíduos de construção civil (RCC) na cidade de Guarulhos: estudo de caso usina de reciclagem de entulho. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, São Paulo, v 07, n. 53, 2019.

FREITAS, A. N. et al. **Sistemas de Fôrma para Estruturas de Concreto Armado: Estudo de Caso com Utilização de Fôrma Metálica Perdida**. 2015. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Faculdade Capixaba da Serra, Serra.

GANGOLELLS, M. et al. Analysis of the implementation of effective waste management practices in construction projects and sites. **Resources, conservation and recycling**, v. 93, p. 99-111, 2014.

GEHBAUER, F. **Racionalização na construção civil**. Recife: Projeto COMPETIR (SENAI, SEBRAE, GTZ), 2004.

HOUSSEINI, M.R., RAMEEZDEEN, R., CHILESHE, N., LEHMANN, S. Reverse logistics in the construction industry. **Waste Management & Research**, 33 (6), P. 499-514, 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil (2012)**. Disponível em:

http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7669/1/RP_Diagn%C3%B3stico_2012.pdf. Acesso em: 08 set. 2020.

LAFAYETTE, K. P. V.; PAZ, D. H. F.; HOLANDA, M. J. O.; COSTA, L. A. R. R. Analysis of generation and characterization of construction and demolition waste on construction sites in the city of Recife, Brazil. **Revista Matéria**, v. 23, n. 3, 2018.

LARUCCIA, M. M. **Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil**. ENIAC Pesquisa, Guarulhos, v. 3, n. 1, p. 70-85, jan. 2014.

LEITE, I. C. A. et al. Gestão de resíduos na construção civil: um estudo de caso em Belo Horizonte e Região Metropolitana. **Revista eletrônica de engenharia civil**, v. 14, n. 1, jan/jun 2018.

LINS, E. J. M. **Banco de dados de indicadores de resíduos de construção e demolição (RCD) procedentes de edificações na cidade do Recife**. 2020. 240f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, 2020.

LORDSLEEM, JR. A. C. “**Metodologia para capacitação gerencial de empresas subempreiteiras**”, 2002.288p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, USP, 2002.

LUKMAN A. A. et al. Salvaging building materials in a circular economy: A BIM-based whole-life performance estimator. **Resources, Conservation & Recycling**. v. 129, 175–186, 2018.

MATERIALS. **Conheça as vantagens das fachadas ventiladas**. 2015. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/775512/conheca-as-vantagens-das-fachadas-ventiladas>. Acesso em: 05 maio 2019.

MENDES, S.; MORAIS, F.; BRANDÃO, D. **Sistemas para fachadas ventiladas um estudo comparativo**. Porto: CESAP – Cooperativa de Ensino Superior Artístico do Porto, 2016. 41 p.

MASSARSCH, K. R.; FELLENIUS, B. H. Deep Vibratory Compaction of Granular Soils. In: INDRARATNA, B. et al. Ground Improvement Case Histories: Compaction, Grouting, and Geosynthetics. **Elsevier**. Cap. 4, pp.111-134, 2015.

NAKAMURA, Juliana. Mecanização do canteiro. **Revista Construção**. São Paulo, Ed. PINI. Edição 151 – fevereiro de 2014.

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

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2018. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> Acesso em 09/04/2022.

OTOBO, A. O.; SANTANA, A. C.; COSTA, C. F. Índice De Responsabilidade Socioambiental Empresarial No Distrito Administrativo de Icoaraci (Daico), Belém – Pará. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, 2016.

PASCHOALIN FILHO, J.A. et al. Gerenciamento de resíduos de construção civil em edifícios residenciais no município de São Paulo. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v 11, n. 1, p. 73-89, 2017.

PASCHOALIN FILHO, J.A., DUARTE, E.B., FARIA, A.C. Geração e manejo dos resíduos de construção civil nas obras de edifício comercial na cidade de São Paulo. **Espacios**, Caracas, v 37, n. 6, p. 30, 2016.

PEURIFOY, R. L. et al. **Planejamento, equipamentos e métodos para a construção civil**. 8 ed. Mc Graw Hill, 802 p., 2015.

PERNAMBUCO. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos. Julho 2012**. Disponível em: < http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/PlanoResiduoSolido_FINAL_002.pdf>. Acessado em: 10 jan. 2020.

PERNAMBUCO. Lei nº 14.236, de 13 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, 2010.

PINTO, T. P.; GONZÁLEZ, J. L. R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Brasília: CAIXA, 2005.

PÔRTO, M.E.M. **Melhoramento de terreno com colunas de compactação pela técnica terra-probe sem introdução de material**: estudo de caso, 2020. 103 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Guia PCS – **Produção e Consumo Sustentáveis**, 2016. Disponível: <http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br/assets/conteudo/uploads/dma-guia-pcs-web.pdf>. Acesso: 07 mai. 2020.

RAULINO, M.; DARÉ, M.E. **Estudo comparado dos custos diretos dos serviços de armação com o método tradicional e o método industrializado para residências unifamiliares**. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, p.17, 2015.

RAMOS, M. A.; PINTO, A. C. dos P.; DE OLIVEIRA MELO, A. A. O gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil e de demolição no município de Belo Horizonte. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 45-68, 2013.

RECIFE. Lei nº 17.072, de 04 de janeiro de 2005. Estabelece as diretrizes e critérios para o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. **Diário Oficial do Município de Recife**, 2005.

RECIFE. Diretrizes para elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). Disponível em: < <http://www2.recife.pe.gov.br/wp-content/uploads/DIRETRIZES-PGRCC.pdf>>. Acessado em: 05 ago. 2019.

RECIFE. Lei nº 17.072, de 04 de janeiro de 2005. Estabelece as diretrizes e critérios para o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. **Diário Oficial do Município de Recife**, 2005.

RECIFE. Decreto nº 18.082, de 13 de novembro de 1998. Regulamenta a Lei nº 16.377/98 no que tange ao transporte e disposição de resíduos de construção civil e outros resíduos não abrangidos pela coleta regular e dá outras providências. **Diário Oficial do Município de Recife**, 1998.

REIS, J. P. “Incorporação de resíduos industriais em massa cerâmica usada na fabricação de tijolos”, Diss. Mestrado, Univ. Est. Santa Catarina, SC (2006) 71p.

RIBEIRO, D.; MOURA, L.S.; PIROTE, N.S.S. Sustentabilidade: Formas de Reaproveitar os Resíduos da Construção Civil. **Rev. Cienc. Gerenc.**, v.20, n.31, p.41-45, 2016.

SABBATINI, F.H. Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia. São Paulo, 1989. 321p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SANTOS, M. H.; MARCHESINI, M.M. P. Logística reversa para a destinação ambientalmente sustentável dos resíduos de construção e demolição (RCD). **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**. v. 8, n. 2, p. 67-85, maio 2018.

SANTOS, A.S.; ISELLE, F.A.; DIAS-SILVA, L.H. Resíduos da construção civil: conceitos, histórico e gerenciamento. **Revista eletrônica organização e sociedade**, Iturama, v. 8, n. 10, p. 5-21, jul./dez. 2019.

SEGATO, J.G.; SOARES NETO, J. L. **Caracterização da geração, destinação final e do gerenciamento dos resíduos da construção civil no município de Palmas – TO**. Palmas, 2014.

SILVA, C., PERTEL, M. Gestão de resíduos sólidos na construção civil: proposta de um plano de gerenciamento para reforma. **Revista Boletim do Gerenciamento**, Rio de Janeiro, n. 14, 2020.

SILVA, F.C.; SANTOS, F.F.; KLAMT, R.A. Ações para o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos gerados na construção de edificações. **RESMA**, v. 1, n. 1, p. 1-23, 2015.

SILVA, O.H. et al. Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, v. 19, p. 39-48, 2015.

Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais – SINAT. Disponível: <http://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/pbqp-h/sinat-sistema-nacional-de-avaliacoes-tecnicas-de-produtos-inovadores-e-sistemas-convencionais>. Acesso: 07 mai. 2020.

STRAPASSAO, H. et al. Reciclagem de resíduos da construção civil no município de Lages, SC. **Revista gestão e sustentabilidade**, v.8, n.1, p.713-729, 2019.



TAM, Vivian WY; HAO, Jane JL. Attitudes towards recycling on construction sites. In: **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Waste and Resource Management**. Thomas Telford Ltd, 2016. p. 131-136.

VILLORIA S., P.; MERINO, M. D. R.; AMORES, C. P.; GONZÁLES, A. S. A. Assessing the accusations of construction waste generation during residential building construction works. *Rasoures*. **Conservation and Recycling**, v. 93, p. 67-74, 2014.

WANG, J., LI, Z., TAM, V. W. Y. Identifying best design strategies for construction waste minimization. **Journal of Cleaner Production**, v. 92, p.237-247, 2015.

APÊNDICES

Apêndice A: *Checklist* para pesquisa exploratória.

	<p>Universidade de Pernambuco Escola Politécnica de Pernambuco Departamento de Engenharia Civil Orientador: Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior Mestranda: Jaqueline Mata Pesquisadora de Iniciação Científica: Maria Ezir</p>
	

Checklist referente à pesquisa com o tema:

AÇÕES VOLTADA À REDUÇÃO, REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DE RESÍDUOS NA
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

DADOS DA EMPRESA
Nome:
Endereço:
Fone:
E-mail:
Ano de fundação:
Porte da Empresa:
<input type="checkbox"/> Micro: Com até 19 empregados <input type="checkbox"/> Pequeno: De 20 a 99 empregados <input type="checkbox"/> Médio: 100 a 499 empregados <input type="checkbox"/> Grande: Mais de 500 empregados
<i>FONTE: SEBRAE (2020)</i>

DADOS DO RESPONDENTE
Nome:
Cargo:
Setor:
E-mail:
Observações:

DADOS DA OBRA
Nome da obra:
Endereço:
Data de início:
Data de previsão ou término da obra:

<p>Qual o uso da edificação?</p> <p><input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Não Residencial</p>
<p>Tipologia de edificação:</p>
<p>Quantidade de pavimentos:</p>
<p>Área total da construção:</p>
<p>Quantidade de resíduos gerados por m²:</p>
<p>Existe um estudo prévio para estimar a quantidade de resíduos que podem ser gerados?</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p> <p>Como é realizado esse estudo?</p>
<p>Quem é o responsável pela compatibilização de projetos?</p> <p>Quais são as ferramentas/software utilizados?</p> <p><input type="checkbox"/> AutoCAD <input type="checkbox"/> Revit <input type="checkbox"/> BIM <input type="checkbox"/> Outros. Especifique:</p> <p>A obra possui certificação de qualidade?</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p> <p>Quais dessas certificações a obra possui?</p> <p><input type="checkbox"/> ISO 9001 <input type="checkbox"/> PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat)</p> <p>Observações:</p> <p>A obra possui certificação ambiental?</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p> <p>Quais dessas certificações a obra possui?</p> <p><input type="checkbox"/> ISO 14.001 (International Organization for Standardization 14.001) <input type="checkbox"/> AQUA (Alta Qualidade Ambiental)</p>

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

Especifique:

Certified Silver Gold Platinum

Selo Casa Azul + CAIXA

Especifique:

Bronze Prata Ouro Diamante

Observações:

É realizado o levantamento estatístico da geração de resíduos?

Sim Não

É realizada a adoção de demolição seletiva?

Sim Não

ETAPAS DO PGRCC

Etapa 1: Caracterização

É realizada uma estimativa média da geração de resíduos no canteiro de obras?

Sim Não

Essa estimativa pode ser obtida através do estudo dos resíduos gerados de acordo com a fase da obra e a capacidade de carga da caçamba estacionária (ABNT NBR 14.728/2005).

Etapa 2: Segregação

É realizada a segregação de acordo com as classes e tipos de resíduos?

Sim Não

Tipologia	Classificação
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, entre outros.), 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;
Classe B	São os 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, 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.

Etapa 3: Acondicionamento

Quais formas são utilizadas?

- Big bags Baias fixas Baias móveis Caçambas estacionárias
 Bombonas Lixeiras comuns Outros. Especifique:

Foi encontrada alguma incompatibilidade entre as formas de acondicionamento e os tipos de RCC?

- Sim Não

Etapa 4: Transporte

Quem é o responsável por emitir e controlar os CTR's (Controle de Transporte de Resíduos)?

O controle documental é realizado através de qual forma?

- Físico Digital

Etapa 5: Destinação

Quais os tipos de destinação utilizadas?

- Áreas de Transbordo e Triagem (ATT)
 Aterros de Resíduos da Construção Civil
 Áreas de Reciclagem
 Agentes diversos (sucateiros, cooperativas, grupos de coleta seletiva, entre outros)
 Outros. Especifique:

Tipo de Área	Descrição	Condições para utilização	Observações
Área de Transbordo e Triagem (ATT)	Estabelecimento privado ou público destinado ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos gerados e coletados por agentes privados, e que deverão ser usadas para a triagem dos resíduos recebidos, eventual transformação e posterior remoção para adequada disposição.	Licenciada pela administração pública municipal.	Restrição ao recebimento de cargas predominantemente constituídas por resíduos classe D.
Área de Reciclagem	Estabelecimento privado ou público destinado à transformação dos resíduos classe A em agregados.	Licenciada pela administração pública municipal. No âmbito estadual, licenciamento pelo órgão de controle ambiental, expresso nas licenças de instalação e operação.	
Aterros de Resíduos da Construção Civil	Estabelecimento privado ou público onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil classe A no solo, visando à reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.	Licenciamento municipal e estadual de acordo com legislação específica.	Os resíduos classe B, C e D poderão apenas transitar pela área para serem, em seguida, transferidos para destinação adequada.
Aterros para resíduos industriais	Área licenciada para o recebimento de resíduos industriais classe I e II (conforme antiga versão da NBR 10004:2004)	Licenciamento municipal e estadual de acordo com legislação específica.	Caracterização prévia dos resíduos definirá se deverão ser destinados a aterros industriais classe I e II (conforme antiga versão da NBR 10004:2004).
Agentes diversos	Sucateiros, cooperativas, grupos de coleta seletiva e outros agentes que comercializam resíduos recicláveis.	Contrato social ou congêneres, alvará de funcionamento, inscrição municipal.	Em caso de necessidade da utilização de agentes eminentemente informais (condição de baixa atratividade para coleta associada a indisponibilidade de agentes formais), reconhecer o destino a ser dado ao resíduo e registrá-lo da maneira mais segura possível.

Os resíduos da construção civil estão enquadrados na classe II B, entretanto, a presença de tintas, solventes, óleos e outros derivados pode mudar a classificação do RCD para classe I ou classe II A.

Observações sobre o PGRCC:

APLICAÇÃO DOS 3R'S NO PROCESSO CONSTRUTIVO
<p>Quais dessas ações são aplicadas no gerenciamento dos resíduos no canteiro de obras?</p> <p><input type="checkbox"/> Redução <input type="checkbox"/> Reutilização <input type="checkbox"/> Reciclagem</p>
Redução
<p>Quais dessas ações de redução são realizadas?</p> <p><input type="checkbox"/> Cuidados na produção de materiais no canteiro de obras (superprodução).</p> <p><input type="checkbox"/> Cuidados com o fluxo e estocagem dos materiais.</p> <p><input type="checkbox"/> O transporte de materiais no canteiro de obras é realizado corretamente de acordo com o tipo do material.</p> <p style="padding-left: 40px;">Especifique:</p> <p><input type="checkbox"/> Transportes horizontais (girica, carro de mão, porta palete, pá carregadeira, bobcat). Especifique:</p> <p><input type="checkbox"/> Transportes verticais (elevador de carga, grua, guincho, talha, manipuladora telescópica). Especifique:</p> <p><input type="checkbox"/> O transporte de resíduos no canteiro de obras é realizado de forma adequada.</p> <p style="padding-left: 40px;">Especifique:</p> <p><input type="checkbox"/> Transportes horizontais (girica, carro de mão, pá carregadeira, bobcat). Especifique:</p> <p><input type="checkbox"/> Transportes verticais (elevador de carga, duto coletor). Especifique:</p> <p><input type="checkbox"/> Realização da construção racionalizada. Especifique:</p> <p><input type="checkbox"/> Substituição de materiais tradicionais por materiais alternativos.</p> <p style="padding-left: 40px;">Caso seja positivo, qual(s) o(s) material(s)?</p> <p><input type="checkbox"/> Aço cortado e dobrado</p> <p><input type="checkbox"/> Argamassa estabilizada</p> <p><input type="checkbox"/> Argamassa industrializada</p> <p><input type="checkbox"/> Materiais ecológicos</p> <p><input type="checkbox"/> Outro(s). Especifique:</p> <p><input type="checkbox"/> Sistemas construtivos inovadores. Especifique:</p> <p><input type="checkbox"/> Educação ambiental</p>

Logística reversa

Passagens executadas durante a etapa de concretagem, para realização de instalações diversas.

Caso haja, cite outras ações de redução:

Reutilização

Quais dessas ações de reutilização são realizadas?

Reutilização dos resíduos de concreto para nivelar o canteiro de obras.

Reutilização dos RCD como materiais de pavimentação em áreas de aterro.

Reutilização de resíduos de solo para reaterros.

Reutilização dos resíduos de metal nesta ou em outras obras.

Reutilização de restos de cerâmicas e pisos em outros pisos, em trabalhos artísticos, em bordas de escada ou em paredes.

Reutilização dos resíduos de solos, areia e argila em obras viárias.

Reutilização de resíduos de capa vegetal para o paisagismo.

Reutilização de resíduos de concreto para enchimentos em geral.

Reutilização de resíduos de madeira em construções provisórias e sinalizações.

Reutilização de tambores como reservatório de água e outros materiais.

Reutilização de resíduos de metais para andaimes e proteções para altura.

Destinação dos resíduos do gesso na agricultura como fertilizante.

Caso haja, cite outras ações de reutilização:

Reciclagem

Quais dessas ações de reciclagem são realizadas?

- Reciclagem de RCD para uso como camadas de base e sub-base para pavimentação.
- Utilização de agregados reciclados junto ao cimento Portland e a cal hidratada como base para pavimentação.
- Reciclagem de RCD para coberturas primárias de vias.
- Reciclagem de RCD para fabricação de argamassas de assentamento e revestimento.
- Produção de agregado reciclado para a fabricação de blocos de concreto não estruturais e meio-fio.
- Reciclagem dos resíduos a partir do processo de moagem para serem utilizados na contenção de encostas, calçamento de concreto, blocos de concreto, tubos para drenagem, entre outros.
- Reciclagem de resíduos de madeira para serem utilizados na construção de casas e móveis.
- Reciclagem de resíduos de metal para serem utilizados em telhas metálicas, sapatas e pré-moldados.
- Destinação para a reciclagem de metais ferrosos para a sua utilização no setor de metalurgia.
- Destinação para a reciclagem por meio da moagem de resíduos de madeira e de drywall para serem utilizados como fertilizantes para solos.

Caso haja, cite outras ações de reciclagem:

Apêndice C: Carta de solicitação de visita as empresas construtoras.

Recife, 25 de março de
2021.

SOLICITAÇÃO

Vimos através desta, solicitar uma participação desta empresa na pesquisa científica conduzida no âmbito do Programa de Pós-Graduação da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco.

Em especial, solicita-se a disponibilização de visita técnica em canteiro de obra objetivando aprimorar o conhecimento sobre o gerenciamento de resíduos de construção civil, focada nos processos de redução, reutilização e reciclagem de resíduos.

Ressalte-se que os dados coletados serão confidenciais sem a identificação da empresa no conjunto de participantes desta pesquisa de campo. As informações contribuirão com o desenvolvimento da Dissertação de Mestrado e da pesquisa de Iniciação Científica de Jaqueline Mata e Maria Ezir, respectivamente, da Escola Politécnica da UPE.

Desde já agradecemos a participação na pesquisa.

Atenciosamente,



Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Jr. – Orientador
Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
(POLI/UPE)

Mestranda Jaqueline Mata de Oliveira
Pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (POLI/UPE)

Estudante de Engenharia Civil Maria Ezir Rodrigues de Queiroz
Pesquisadora de Iniciação Científica CNPq (POLI/UPE)

