



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL – DECA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**JANAYNA DE LOURDES GOMES DA FONSECA**

**ESTUDO DA GESTÃO E PRINCIPAIS APLICAÇÕES DOS RESÍDUOS DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)**

**JOÃO PESSOA**

**2020**

**JANAYNA DE LOURDES GOMES DA FONSECA**

**ESTUDO DA GESTÃO E PRINCIPAIS APLICAÇÕES DOS RESÍDUOS DA  
CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado à Universidade Federal da Paraíba  
(UFPB), como pré-requisito obrigatório para a  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Civil.

Orientador: Aline Flávia N. Remígio Antunes

**JOÃO PESSOA**

**2020**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

F676e Fonseca, Janayna de Lourdes Gomes da.  
Estudo da Gestão e Principais Aplicações dos Resíduos  
da Construção Civil (RCC) / Janayna de Lourdes Gomes da  
Fonseca. - João Pessoa, 2020.  
50 f. : il.

Orientação: Aline Flávia Nunes Remígio Antunes.  
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Resíduos da Construção Civil. 2. Reciclagem. 3.  
Gestão. I. Antunes, Aline Flávia Nunes Remígio. II.  
Título.

UFPB/BC

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**JANAYNA DE LOURDES GOMES DA FONSECA**

### **ESTUDO DA GESTÃO E PRINCIPAIS APLICAÇÕES DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)**

Trabalho de Conclusão de Curso em 31/03/2020 perante a seguinte Comissão Julgadora:

*Aline Flávia Nunes Remígio*

Prof.<sup>a</sup> Dra. Aline Flávia Nunes Remígio Antunes  
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA

*Carlos Antônio Taurino de Lucena*

Prof. Dr. Carlos Antônio Taurino de Lucena  
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

APROVADA.

*Clóvis Dias*

Prof. Dr. Clóvis Dias  
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

APROVADA

*ABSilva*

Prof. Andrea Brasiliano Silva  
Matrícula Siape: 1549557  
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, responsável por me permitir chegar até o fim dessa caminhada.

Aos meus pais, Ivaneide e José Carlos, e irmãos, Jannine e Júnior, por todo amor e incentivo. Obrigada por sempre acreditarem em mim e apoiarem todas as minhas escolhas. Amo vocês com todo meu coração!

A todos os amigos de infância e que a UEPB e UFPB me deu ao longo desses anos, obrigada pela amizade, apoio nas horas de estudo e incentivo nas horas de desânimo. Em especial, à Manoel Netto, Jayne Myllena, Daniel Filho, Amanda Cavalcanti, Amanda Lima, Felipe Souza, Erveton Victor, Alana Rodrigues e Brendo Nóbrega. Levarei vocês para a vida.

Aos professores e funcionários do curso de Graduação em Engenharia Civil da UFPB e UEPB. Em especial, agradeço à prof.<sup>a</sup> Aline Remígio, por me orientar nesse trabalho e por me passar serenidade durante esses dias; ao prof.<sup>o</sup> Taurino, pelos ensinamentos e boas conversas durante os intervalos das aulas, tenho um carinho enorme pelo senhor; ao prof.<sup>o</sup> Clóvis, por aceitar participar da minha banca; e à Daniel Dias, por todo apoio, ajuda e compreensão nas minhas idas à coordenação.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para esta realização, meu muito obrigada.

FONSECA, J. L. G. **ESTUDO DA GESTÃO E PRINCIPAIS APLICAÇÕES DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2020. 48f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

## **RESUMO**

O setor da Construção Civil destaca-se como maior consumidor de recursos naturais e gerador de resíduos sólidos, explicado pelo intenso avanço da urbanização associado ao surgimento de novas construções. Segundo a Abrelpe, foram recolhidos no Brasil, em 2018, 122.012 t/dia de resíduos da construção civil (RCC), que são aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições, e os resultantes da preparação e escavação de terrenos. De acordo com a Resolução n° 307 do CONAMA, o gerenciamento dos resíduos consiste no sistema que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos. A gestão de RCC tem como objetivo a melhoria da limpeza urbana, redução dos custos, facilidade de disposição de pequenos volumes gerados e os descartes dos grandes volumes gerados, preservação ambiental, incentivo às parcerias e à redução da geração. Mesmo sendo um processo incipiente, a reciclagem de materiais está sendo um eficiente mecanismo para minimizar os problemas oriundos do não gerenciamento dos RCC. Diversos estudos avaliaram a viabilidade, técnica e econômica, da utilização de RCC na produção de agregados usados na pavimentação, na produção de concreto sem função estrutural, argamassa, entre outros. Dessa forma, esse trabalho realiza um levantamento de dados secundários sobre as principais utilizações dos resíduos da construção civil e um panorama da gestão e geração no Brasil.

**Palavras-chave:** Resíduos da Construção Civil; Reciclagem; Gestão.

FONSECA, J. L. G. **MANAGEMENT STUDY AND MAIN APPLICATIONS OF CIVIL CONSTRUCTION WASTE**. 2020. 48f. Monograph (Graduation in Civil Engineering). Federal University of Paraíba (UFPB).

### **ABSTRACT**

The Civil Construction sector stands out as the largest consumer of natural resources and generates solid waste, explained by the advance of urbanization associated with the emergence of new buildings. According to Abrelpe, in 2018, 122,012 t / day of construction waste (RCC) were collected in Brazil, which are those resulting from construction, renovation, repairs and demolitions, and those resulting from the preparation and excavation of land. According to CONAMA Resolution No. 307, waste management consists of a system that aims to reduce, reuse or recycle waste. RCC management aims to improve urban cleanliness, reduce costs, ease the disposal of small volumes generated and the disposal of large volumes generated, environmental preservation, incentives to partnerships and reduction of generation. Even though it is an incipient process, the recycling of materials is being an efficient mechanism to minimize the problems arising from the non-management of RCC. Several studies have evaluated the technical and economic feasibility of using RCC in the production of aggregates used in paving, in the production of concrete without a structural function, mortar, among others. Thus, this work carries out a survey of secondary data on the main uses of construction waste and an overview of management and generation in Brazil.

**Keywords:** Civil Construction Waste; Recycling; Management.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 5.1 – Esquema estrutural do pavimento em São Paulo. ....	39
---	----



## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Geração, coleta e índice de cobertura de RSU nas regiões do Brasil.....	19
Quadro 3.2 – Classificação e destinação dos Resíduos da Construção Civil.....	21
Quadro 3.3– Estimativa de geração de RCC em diversos países. ....	27
Quadro 3.4 – Composição, em porcentagens, do RCC em algumas cidades brasileiras.	28
Quadro 3.5 – Quantidade de RCD reaproveitado em países da Europa.....	35
Quadro 5.1 – Casos de uso do RCC em pavimentação. ....	39
Quadro 5.2 – Características da estrutura do pavimento com material convencional....	40
Quadro 5.3 – Características da estrutura do pavimento com RCC. ....	41
Quadro 5.4 – Comparativo de custo entre material convencional e RCC.....	41
Quadro 5.5 – Resumo do ensaio de compressão dos corpos-de-prova (CP).....	42
Quadro 5.6 – Classificação das misturas das argamassas. ....	44

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1 – Coleta de RCC no Brasil .....	26
Gráfico 3.2 – Coleta de RCC no Nordeste. ....	26
Gráfico 3.3 – Composição física dos RCC em edificações na cidade de João Pessoa durante a fase estrutural.....	29
Gráfico 3.4 – Composição física dos RCC em edificações na cidade de João Pessoa durante a fase de alvenaria.....	29
Gráfico 3.5 – Composição física dos RCC em edificações na cidade de João Pessoa durante a fase de acabamento. ....	30
Gráfico 3.6 – Quantidade de material recebido na USIBEN entre o período 2013/2018. ....	33

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

RCC – Resíduos da Construção Civil

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

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

PMJP – Prefeitura Municipal de João Pessoa

USIBEN – Usina de Triagem e Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil e Demolição

EMLUR – Empresa Municipal de Limpeza Urbana

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição

ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
2.1 GERAL .....	16
2.2 ESPECÍFICOS .....	16
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS .....	17
3.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC).....	20
3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	23
3.3.1 Serviços preliminares .....	23
3.3.2 Estrutura.....	24
3.3.3 Alvenaria de vedação.....	24
3.3.4 Instalações prediais.....	25
3.3.5 Revestimento cerâmico.....	25
3.4 GERAÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	25
3.5 IMPACTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL AO MEIO AMBIENTE.....	30
3.6 USINA DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	31
3.7 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS.....	33
3.7.1 Redução .....	34
3.7.2 Reutilização .....	35
3.7.3 Reciclagem .....	36
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>37</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>

5.1	PAVIMENTAÇÃO.....	38
5.2	AGREGADOS PARA CONCRETO.....	41
5.3	AGREGADOS PARA ARGAMASSA .....	43
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>46</b>
<b>7.</b>	<b>SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....</b>	<b>47</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Indústria da construção civil tem destaque na economia nacional, quando considerada a significativa parcela do Produto Interno Bruto (PIB) do país pela qual é responsável e o desenvolvimento econômico e social do país, gerando empregos direta e indiretamente. Por outro lado, é considerado o setor que mais consome recursos naturais não renováveis e aparece como o principal gerador de resíduos.

Segundo a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2002), os resíduos de construção civil (RCC) são definidos como os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc.

O avanço da urbanização dos municípios associado ao surgimento de novas construções, reformas e demolições contribuíram para o aumento da geração desses resíduos. Dados apresentados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2018) indicam que os serviços de limpeza pelos municípios coletaram 122.012 toneladas de RCC por dia, sendo equivalente a 0,585 kg/habitante/dia. A coleta de RCC na região Nordeste resultou em 24.123 toneladas por dia, equivalente a 0,425 kg/habitante/dia. Tais valores refletem, em sua maioria, apenas aquilo que foi abandonado em vias ou logradouros, visto que a responsabilidade da coleta desses resíduos é do gestor da obra.

Os elevados gastos por parte da Administração Pública na limpeza e remoção desses resíduos de locais inadequados é hoje um dos grandes problemas enfrentados pelos governantes, o que acaba gerando um ciclo vicioso de disposição inadequada e remoção dos mesmos pelas companhias de limpeza pública. De acordo com Hewerton Bartoli, ex-presidente da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição – ABRECON (2011), o Brasil desperdiça 8 bilhões de reais por ano porque não recicla seus produtos. Os números indicam que 60% do lixo sólido das cidades vêm da construção civil e 70% desse total poderia ser reutilizado.

Apenas em 2002, quando houve a aprovação da Resolução N° 307 pelo CONAMA, foram estabelecidas diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos

resíduos da construção civil. Aos poucos, percebe-se um avanço na busca pela minimização dos impactos causados pelos resíduos gerados em obra.

Os impactos ambientais, sociais e econômicos gerados pela quantidade expressiva do entulho e o seu descarte inadequado impõem a necessidade de soluções rápidas e eficazes para a sua gestão adequada. Daí decorre a prioridade de uma ação conjunta da sociedade – poderes públicos, setor industrial da construção civil e sociedade civil organizada – na elaboração e consolidação de programas específicos que visem a minimização desses impactos. As políticas ambientais relacionadas ao tema devem voltar-se para o adequado manuseio, redução, reutilização, reciclagem e disposição desses resíduos (CASSA et al, 2001).

Atualmente, os resíduos da construção civil têm se tornado um dos alvos do meio técnico-científico, utilizando o mesmo como agregado para inúmeros usos na construção civil e também na pavimentação rodoviária, entrando como substituto às matérias-primas hoje utilizadas nestes setores (CARNEIRO, 2001). O emprego desse resíduo contribuiria igualmente de forma positiva para a diminuição do consumo de insumos da construção civil oriundo de processo de britagem de rochas, britas e areia artificial, sendo assim uma importante ferramenta no combate a degradação ambiental.

Ciente de toda a dificuldade que envolve a utilização desse resíduo, bem como da real necessidade e urgência de se viabilizar mecanismos para o gerenciamento apropriado do mesmo, este trabalho tem como objetivo mostrar um panorama da gestão e geração dos RCC no Brasil, assim como apresentar estudos sobre as suas principais aplicações em obras civis, identificando as vantagens e desvantagens do seu uso.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

- Apresentar um panorama da gestão e geração de Resíduos da Construção Civil no Brasil.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Apresentar estudos das principais aplicações dos RCC na própria construção civil;
- Expor as vantagens e desvantagens da utilização desses resíduos.



### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

A NBR 10.004/2004 definiu Resíduos Sólidos como sendo:

“resíduos nos estados sólido e semi-sólido que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e varrição [...]”

Ainda pela NBR 10.004/2004, os resíduos sólidos foram caracterizados e classificados em classes, em função do nível de risco que podem oferecer ao ser humano e à natureza:

- Classe I (Perigosos): levando-se em consideração suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública e ao meio ambiente, quando manuseados de forma inadequada;
- Classe II (Não Inertes): resíduos não classificados como perigosos, ou inertes, incluindo-se nesta classificação os resíduos orgânicos em geral, como restos de alimentos;
- Classe III (Inertes): são os resíduos que não apresentam periculosidade ao homem e ao meio ambiente, inserindo-se neste grupo, os minerais e minérios como areia, pedra e ferro, entre outros.

A Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), conceitua resíduos sólidos como:

“material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face

da melhor tecnologia disponível (PNRS, 2010, p.1)”.

A PNRS dispõe os princípios, objetivos, instrumentos, assim como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Entre as medidas que a PNRS anseia alcançar, estão: a erradicação dos lixões e destinação final de resíduos em aterros sanitários; estabelecimento de novos instrumentos no gerenciamento de resíduos, como gestão integrada, logística reversa e a responsabilidade compartilhada; instituir os planos nacional, estaduais e municipais de gestão integrada de resíduos sólidos.

É previsto que a responsabilidade pelo gerenciamento de resíduos seja compartilhada entre o poder público e o setor privado, ou seja, o governo e cada setor da cadeia produtiva firmam um acordo setorial para implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto.

De acordo com o Art. 9º da Lei 12.305/2010:

"Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada aos rejeitos".

Entre os tipos de resíduos contemplados estão os industriais, resíduos de saneamento público, da construção civil, da saúde, agropecuários, domiciliares e os perigosos, como corrosivos e tóxicos. Assim, as empresas devem ser responsáveis por evitar que os resíduos sejam descartados de maneira incorreta ou transformados em lixo quando poderiam ser reutilizados, assim como criar estratégias para minimizá-los.

Dados apresentados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) revelam que, em 2018, foram gerados um total de 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU). Desse total, 92% (72,7 milhões) foi coletado. Isso significou um aumento de 1,66% em comparação ao ano anterior, ou seja, a coleta aumentou num ritmo um pouco maior que a geração, porém, cerca de 6,3 milhões de toneladas de resíduos não foram recolhidos junto aos locais de geração.

A destinação adequada em aterros sanitários, em 2018, recebeu apenas 59,5% dos resíduos sólidos urbanos coletados, que corresponde a 43,3 milhões de toneladas. O

restante, cerca de 29,5 milhões de toneladas, foram depositados em lixões ou aterros controlados que não contam com um conjunto de sistemas e medidas necessários para proteger a saúde das pessoas e o meio ambiente contra danos e degradações. O Quadro 3.1 dispõe a geração, a quantidade e o índice de cobertura da coleta de RSU em cada região do Brasil.

Quadro 3.1 – Geração, coleta e índice de cobertura de RSU nas regiões do Brasil.

<b>Regiões</b>	<b>Geração de RSU (toneladas/dia)</b>	<b>Coleta dos RSU (toneladas/dia)</b>	<b>Índice de cobertura da coleta de RSU (%)</b>
<b>Norte</b>	16.073	13.069	81,31
<b>Nordeste</b>	53.975	43.763	81,08
<b>Centro-Oeste</b>	15.932	14.941	93,78
<b>Sudeste</b>	108.063	105.977	98,07
<b>Sul</b>	22.586	21.561	95,46
<b>Brasil</b>	216.629	199.311	92,01

**Fonte:** Adaptado da ABRELPE (2018).

As dificuldades que envolvem a gestão de resíduos sólidos não estão apenas relacionadas com a quantidade gerada, mas principalmente com a forma de destinação final. A PNRS caracteriza destinação final dos resíduos sólidos ambientalmente adequados como:

“destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (PNRS, 2010, p.2)”.

### 3.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)

Segundo a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2002), os resíduos da construção civil (RCC) são:

“os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.”.

O setor da Construção Civil destaca-se como maior consumidor de recursos naturais e gerador de resíduos sólidos. O avanço da urbanização associado ao surgimento de novas construções, reformas e demolições contribuíram para o aumento da geração desses resíduos. Segundo Pinto (2005), os RCC representam de 40 a 70% da massa total dos resíduos sólidos urbanos nas cidades brasileiras de médio e grande porte, representando a classe de resíduos que atualmente mais se destaca, e onde seu descarte inadequado provoca prejuízos ambientais, sociais e econômicos.

Devido ao grande impacto que os RCC causam ao meio ambiente e aliado à sustentabilidade, tornaram-se necessárias medidas que regulamentem o descarte dos mesmos. Desta forma, o Brasil passou a contar com a Resolução CONAMA n° 307 onde foram estabelecidas diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais, além de definir as responsabilidades dos geradores, dos transportadores, o gerenciamento interno e externo, a reutilização, a reciclagem, o beneficiamento, aterro de resíduos, áreas de destinação de resíduos, assim como a classificação segundo as características físico-químicas.

Os RCC têm sua composição extremamente heterogênea, dependente da fonte que os originou. Aqueles originários de reforma ou ampliação, em geral têm uma predominância de fração mineral. A heterogeneidade característica deste tipo de resíduo leva a uma composição de um material, normalmente, com excelente potencial de reciclagem e reaproveitamento. Assim, os RCC estão classificados em quatro classes (A

– D), onde a última ficou reservada aos materiais que oferecem riscos. O Quadro 3.2 apresenta as definições citadas nas Resoluções, além de apresentar exemplos de materiais e sua correta destinação.

Quadro 3.2 – Classificação e destinação dos Resíduos da Construção Civil.

<b>Classes</b>	<b>Características</b>	<b>Exemplos</b>	<b>Destinação</b>
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados	Resíduos de componentes cerâmicos (tijolos, blocos, placas de revestimento, telhas, etc), argamassa e concreto; Resíduos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; Resíduos oriundos de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, etc) produzidos nos canteiros de obras.	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados ao aterro de resíduos de Classe A de preservação de material para uso futuro.
Classe B	Resíduos recicláveis para outras destinações.	Plásticos, papel/papelão, metais, madeiras e gesso.	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados à área de armazenamento temporário, sendo disposto de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe C	Resíduos ainda sem tecnologias ou aplicações economicamente	Produtos sem tecnologia disponível para reciclagem ou recuperação.	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as

	viáveis para a sua reciclagem/recuperação.		normas técnicas específicas (NBR 7500) e (NBR 10004).
Classe D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção.	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.	Deverão ser armazenados e transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas (NBR 7500) e (NBR 10004)

**Fonte:** Resoluções nº 307/2002, 348/2004, 431/2011 e 469/2015 do CONAMA.

Ainda pela Resolução, ficou estabelecido que os mesmos não podem ser dispostos em aterros de resíduos sólidos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei. A deposição irregular de entulho ocasiona proliferação de vetores de doenças, entupimento de galerias e bueiros, assoreamento de córregos e rios, contaminação de águas superficiais e poluição visual.

Visando atender às determinações da Resolução, a Prefeitura Municipal de João Pessoa publicou a Lei N° 11.176, de 10 de outubro de 2007, instituindo o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Demolição, que visa a triagem, reutilização, reciclagem, reservação ou destinação mais adequada, e o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Demolição, cujo objetivo é a facilitação da correta disposição, o disciplinamento dos fluxos e dos agentes envolvidos e a destinação adequada dos RCD gerados no município. Dentre os artigos da Lei N° 11.176/2007, merece destaque os seguintes:

- Fica instituído o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Demolição, cujo objetivo é a facilitação da correta disposição, o disciplinamento dos fluxos e dos agentes envolvidos e a destinação adequada dos resíduos da construção civil e demolição gerados no município.

- Definição de grandes volumes de RCD como aqueles contidos em volumes superiores à 2,5 m<sup>3</sup> e de pequenos volumes àqueles inferiores a 2,5 m<sup>3</sup>.

Para os pequenos geradores, foram estabelecidos pontos de entrega, para triagem obrigatória, posterior transbordo e destinação adequada dos diversos componentes. Para os grandes geradores, a Prefeitura Municipal de João Pessoa, sob a responsabilidade da EMLUR, implantou a Usina de Triagem e Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil e Demolição (Usiben), que tem capacidade para gerar 20 toneladas/hora de agregados reciclados.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Leite (2001), para avaliar a composição média dos RCC vários fatores devem ser considerados, tais como a tipologia construtiva utilizada, as técnicas construtivas existentes e os materiais disponíveis em cada região. Dessa forma, a caracterização média da composição dos resíduos está condicionada a parâmetros específicos de sua região geradora, vinculada à estrutura de seus constituintes.

Através da caracterização dos materiais utilizados em cada etapa da obra, é possível obter a composição do RCC encontrada na construção convencional, que está intimamente relacionada com a ocorrência de perdas. Em geral, os processos produtivos geram perdas, que podem ser apenas minimizadas, e desperdícios, que podem ser eliminados. Parte das perdas permanece incorporada nas construções e outra parcela se converte em resíduo. A proporção entre as duas não é conhecida em detalhes, mas Pinto (1999) estipulou que 50% das perdas são convertidas em RCC. Em cada etapa da obra é possível ressaltar o principal tipo de resíduo gerado.

A geração de resíduos está ligada diretamente no: recebimento, relacionada com a má sincronização do fluxo de materiais e as atividades dos trabalhadores; transporte, com o manuseio inadequado dos materiais; e superprodução de concreto.

#### 3.3.1 Serviços preliminares

Abrange a preparação do terreno para início da obra, incluindo a limpeza, terraplanagem e/ou corte do terreno e compactação do solo, além da montagem do canteiro de obra. Nessa etapa, é comum a escavação e movimentação do solo para locais

na própria obra, que futuramente servirá como aterro, ou para uma usina de tratamento de resíduos. Nessa etapa, o solo é considerado o principal RCC gerado.

### 3.3.2 Estrutura

A obra precisa de sustentação e estabilidade. Através de um conjunto de elementos combinados, todos os esforços produzidos pelo peso próprio da edificação, seus ocupantes, ventos e outras sobrecargas, são suportados. A estrutura é formada por: fundação, pilares, vigas e lajes. A fundação é a estrutura responsável por transmitir as cargas da construção ao solo, sendo projetada levando em consideração a carga que irá receber e o tipo de solo. Os pilares transmitem as cargas das vigas e lajes para as fundações. As vigas, transferem o peso das lajes e de outros elementos para os pilares, estruturando a obra como um todo. Por fim, as lajes constituem o pavimento, recebendo diretamente as cargas e transmitindo-as para as vigas.

Segundo Miranda et al. (2009), se considerada somente a fase estrutural, a madeira pode representar cerca de 42% dos resíduos gerados na obra. A utilização da madeira de forma temporária como fôrmas para vigas, pilares, lajes, escoramentos e andaimes, ou na forma definitiva como estrutura de pilar, viga, piso, coberturas, forro, pisos, esquadrias e acabamento, geram grande quantidade de resíduos principalmente na forma temporária (NAGALLI *et al.*, 2013). A madeira está incluída no resíduo de construção civil – Classe B, de acordo com a Resolução 307/2002 do CONAMA, que deverá ser reutilizado, reciclado ou encaminhado para áreas de armazenamento.

Nesta etapa, o consumo de aço, presente no concreto armado, chega ao seu ápice. As barras de aço, que são dispostas com 12,0 metros de comprimento, requerem o corte para a armação de pilares, vigas e lajes. Parte dos cortes são utilizados em outros elementos, porém alguns não será possível utilizar devido à incompatibilidade do tamanho, gerando os RCC Classe B.

### 3.3.3 Alvenaria de vedação

Segundo Marinowski (2011), a alvenaria de vedação é um conjunto coeso e rígido de tijolos ou blocos (elementos de alvenaria), unidos entre si, com ou sem argamassa, em argamassas horizontais e pode ser empregado em diversos elementos construtivos. Por ser muito utilizado na alvenaria de vedação e por gerar vários resíduos no processo executivo, Lordsleem e Pinho (2009) afirmam que a quantidade média de resíduos de tijolos/blocos é de até 17%.



A argamassa é uma mistura de aglomerante, agregado e água, podendo ou não levar aditivo na sua mistura. Na construção de edifícios, as argamassas são utilizadas para assentamento de alvenarias, revestimento de alvenarias (chapisco, emboço e reboco), assentamento de revestimentos (cerâmica, pedra, etc.), entre outros (COSTA, 2010). Uma das causas dos resíduos gerados neste processo se dá na sua superprodução.

#### 3.3.4 Instalações prediais

O PVC é o material mais utilizado nas instalações elétricas, hidrossanitárias e de gás. Os resíduos gerados nesse processo são resultados de falhas na execução e na falta de projeto, além dos cortes das tubos e cabos para deixá-los com o comprimento desejado. Parte desses cortes são aproveitáveis, já que as conexões dos tubos permitem encaixes em variadas situações, em outros casos não, como é o caso dos cabos de instalações elétricas, gerando o RCC.

#### 3.3.5 Revestimento cerâmico

O revestimento cerâmico é utilizado para revestir pisos e paredes e são divididos de acordo com a sua aplicação e características químico-físicas. As vantagens do revestimento estão relacionadas com algumas características, como: durabilidade do material; facilidade de limpeza; higiene; qualidade do acabamento final; proteção dos elementos de vedação; isolamento térmico e acústico; estanqueidade à água e aos gases; segurança ao fogo; aspecto estético e visual agradável (SILVA et al., 2015).

Atualmente, as construtoras possuem os projetos de paginação das fachadas, piso e paredes internas, visto que esse serviço facilita a saída da primeira peça cerâmica e contribui com a redução dos cortes nos cantos e vãos da obra, resultando numa geração menor de resíduos.

### 3.4 GERAÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

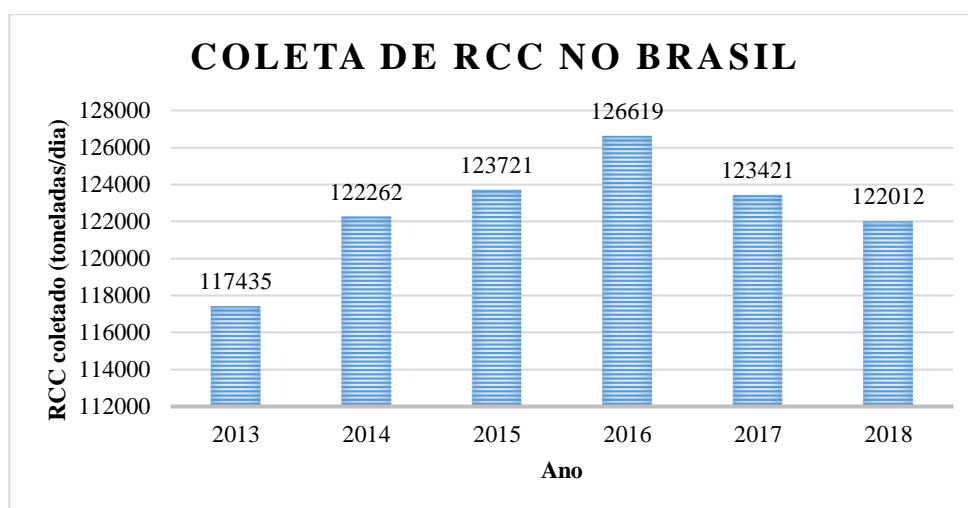
Nas construções civis realizadas nos municípios brasileiros é notável uma grande geração de resíduos. Podem ser destacados como os principais contribuintes a urbanização desordenada e o uso inadequado das tecnologias construtivas.

Muitos são os fatores responsáveis pela geração dos resíduos da construção, onerando o custo final da obra. A quantidade gerada varia em função do tipo de obra em execução, diferenciando quando se trata de reformas, novas residências e novos prédios. Llatas (2011) mostra que o mau planejamento na fase de projetos, resultando em detalhamentos insuficientes, e a grande falha na execução dos mesmos, devido à mão de

obra não qualificada e qualidade inferior dos materiais disponíveis no mercado, são grandes responsáveis pela geração de RCC nos canteiros de obras.

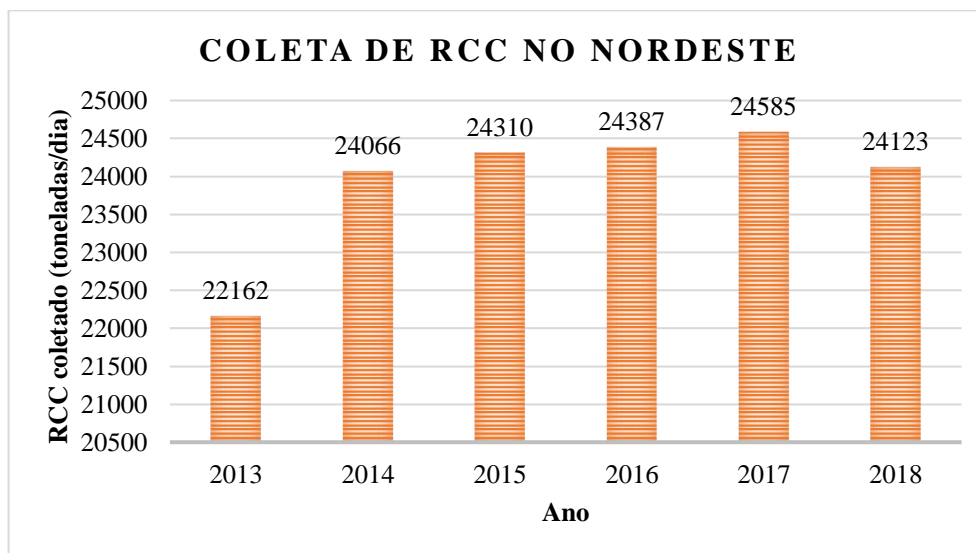
De acordo com a Abrelpe, os serviços de limpeza dos municípios coletaram, em 2018, 122.012 toneladas desse tipo de resíduo por dia. Os números apresentados refletem, em sua maioria, aquilo que foi abandonado em vias e logradouros públicos, visto que a responsabilidade pelo recolhimento dos RCC é do gestor da obra. No Gráfico 3.1 e 3.2 é possível analisar a coleta de resíduos da construção civil, no Brasil e na região Nordeste, entre o período de 2013 – 2018.

Gráfico 3.1 – Coleta de RCC no Brasil.



Fonte: Adaptado da Abrelpe (2018).

Gráfico 3.2 – Coleta de RCC no Nordeste.



Fonte: Adaptado da Abrelpe (2018).

No cenário mundial, é possível analisar a estimativa da geração de resíduos da construção civil em alguns países, como disposto no Quadro 3.3.

Quadro 3.3– Estimativa de geração de RCC em diversos países.

PAÍS	QUANTIDADE GERADA	
	t/ano (10 <sup>6</sup> )	Kg/hab/ano
<b>Suécia</b>	1,20 – 6,00	136,00 – 680,00
<b>Holanda</b>	12,80 – 20,20	820,00 – 1.300,00
<b>EUA</b>	136,00 – 171,00	463,00 – 584,00
<b>Reino Unido</b>	50,00 – 70,00	880,00 – 1.120,00
<b>Bélgica</b>	7,50 – 34,70	735,00 – 3.359,00
<b>Dinamarca</b>	2,30 – 10,70	440,00 – 2.010,00
<b>Itália</b>	35,00 – 40,00	600,00 – 690,00
<b>Alemanha</b>	79,00 – 300,00	963,00 – 3.658,00
<b>Japão</b>	99,00	785,00
<b>Portugal</b>	3,20	325,00
<b>Brasil</b>	68,00 <sup>1</sup>	230,00 – 660,00

Fonte: Adaptado de JONH (2000). (1) Carneiro *et al* (2001).

Nos países desenvolvidos, o setor da construção gera uma quantidade maior de papel, plástico e madeira provenientes das embalagens. Já em países em desenvolvimento, como o Brasil, a geração de outros materiais, como concreto e argamassa, é maior devido às altas perdas do processo. Analisar e diagnosticar quais são os tipos de resíduos mais gerados no canteiro de obras é essencial para auxiliar na decisão dos métodos e equipamentos a serem utilizados na reciclagem.

Muitos pesquisadores têm estudado a composição dos RCC em diferentes cidades brasileiras, comprovando sua alta variabilidade. O Quadro 3.4 dispõe resultados, encontrados em diversos estudos, sobre a composição dos RCC em algumas cidades brasileiras. Em todas as cidades pesquisadas verificou-se que os materiais cimentícios (concreto e argamassa) e cerâmicos correspondem a mais de 60% do total de resíduos gerados, fato que demonstra o alto potencial de reciclagem dos RCC, uma vez que eles pertencem aos resíduos Classe A, potencialmente recicláveis como agregados.

Quadro 3.4 – Composição, em porcentagens, do RCC em algumas cidades brasileiras.

CIDADE	MATERIAL CONSTITUINTE (%)				
	Concreto/ Argamassa	Solo e areia	Cerâmica	Rochas	Outros
<b>Campina Grande PB<sup>1</sup></b>	20,00/10,00	34,00	1,00	9,00	18,00
<b>Maceió AL<sup>2</sup></b>	27,82/18,65	48,15	3,08	-	2,30
<b>Porto Alegre RS<sup>3</sup></b>	44,00	23,00	19,00	3,00	11,00
<b>Ribeirão Preto SP<sup>4</sup></b>	58,50	-	20,80	20,20	0,50
<b>Salvador BA<sup>5</sup></b>	53,00	22,00	14,00	5,00	6,00
<b>São Carlos SP<sup>6</sup></b>	29,00	9,00	40,00	10,00	12,00
<b>São Paulo SP<sup>7</sup></b>	33,00	32,00	30,00	-	5,00

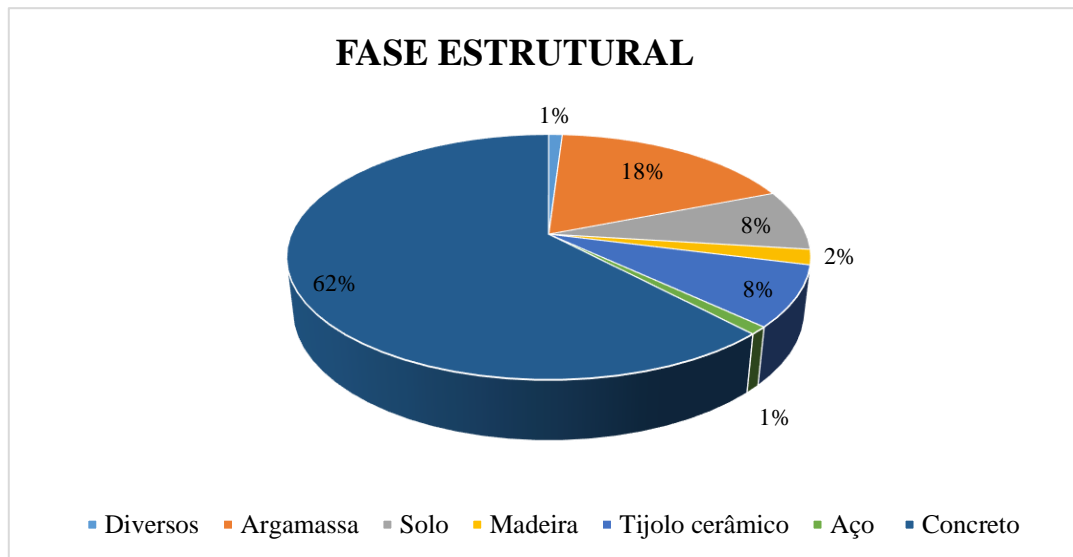
(1) Nóbrega (2002); (2) Vieira (2003); (3) Lovato (2007); (4) Zordan (1997); (5) Carneiro *et al* (2001); (6) Marque Neto e Schalch (2006); (7) Brito Filho (1999).

**Fonte:** Adaptado de CARNEIRO (2005).

Os resíduos de construção civil são gerados em diferentes fases do empreendimento: fase de construção, fase de manutenção ou reforma e fase de demolição. A caracterização ocorrendo durante as etapas da obra, para relacionar os tipos de RCC gerados de acordo com o cronograma, facilita o planejamento e gerenciamento dos mesmos. Visando esse objetivo, Viana (2009) apresentou em seu estudo, realizado em obras de treze empresas, o percentual da composição de resíduos, na fase estrutural, de alvenaria e de acabamento em edificações na cidade de João Pessoa. Como a técnica construtiva utilizada nas obras em João Pessoa ao longo desses anos não apresentou grandes mudanças, pode-se dizer que mesmo com dados de 2009 a porcentagem da composição dos resíduos em cada etapa apresentada nesse estudo condiz, aproximadamente, com os dias de hoje.

O Gráfico 3.3 apresenta a composição dos resíduos na etapa estrutural, onde 62% é composto de concreto. A etapa estrutural corresponde a, mais ou menos, 30% do custo total da obra. Assim, se os índices de perdas nessa etapa são grandes, o custo da obra terá um aumento enorme também.

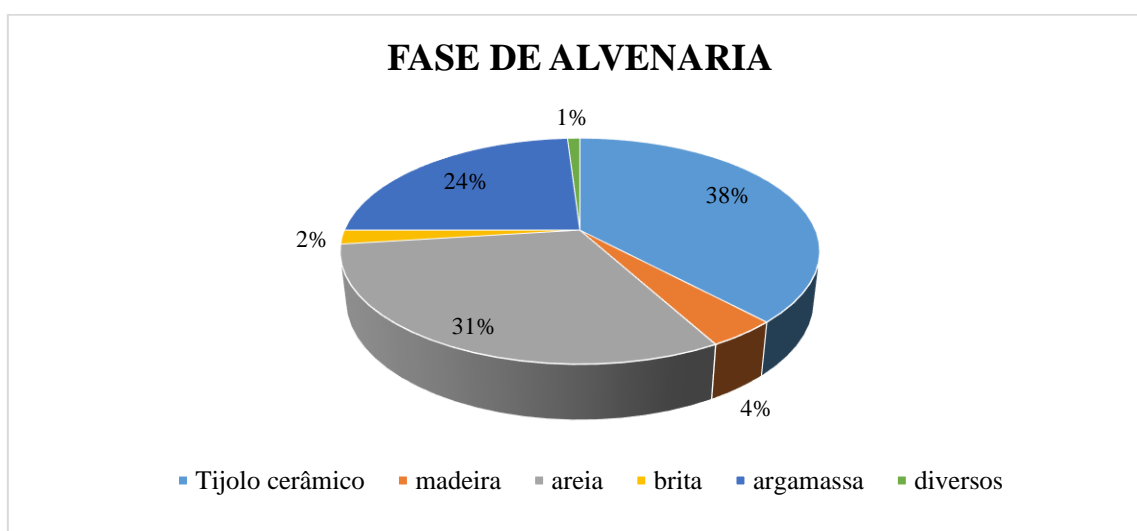
Gráfico 3.3 – Composição física dos RCC em edificações na cidade de João Pessoa durante a fase estrutural.



**Fonte:** Adaptado de Viana (2009).

Na etapa de alvenaria, disposto no Gráfico 3.4, o tijolo cerâmico corresponde à 38% dos resíduos, que pode ser explicado devido ao transporte e armazenamento incorreto desse material, além de execução inadequada. A areia corresponde à 31%, provavelmente devido ao armazenamento inadequado. Para a argamassa, que resulta em 24%, sua provável causa pode ser produção em excesso.

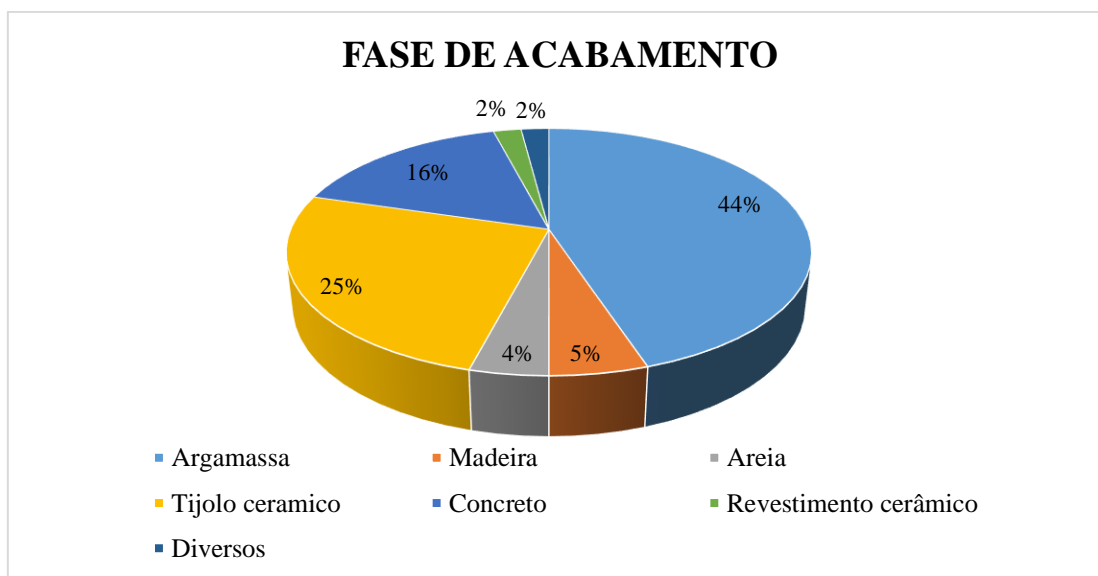
Gráfico 3.4 – Composição física dos RCC em edificações na cidade de João Pessoa durante a fase de alvenaria.



**Fonte:** Adaptado de Viana (2009).

Na fase de acabamento, a argamassa é responsável por 44% dos resíduos, como disposto no Gráfico 3.5. Nesse caso, o preparo e a aplicação podem ter influência sobre as perdas, além da produção em excesso.

Gráfico 3.5 – Composição física dos RCC em edificações na cidade de João Pessoa durante a fase de acabamento.



**Fonte:** Adaptado de Viana (2009).

### 3.5 IMPACTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL AO MEIO AMBIENTE

De acordo com a Resolução CONAMA de 1986, pode-se considerar impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente a qualidade dos recursos ambientais.

Segundo a Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção (ANEPAC) os agregados são os materiais mais consumidos no mundo, perdendo apenas para a água. Em 2014, houve uma produção mineral global de 65 bilhões de toneladas, sendo os agregados responsáveis por 45 bilhões de toneladas. Neste mesmo ano, o setor de agregados para construção no Brasil apresentou uma demanda de 741 milhões de toneladas de agregados. O grande desperdício de materiais na construção civil

tem como consequência o esgotamento desses recursos naturais e a maior geração de resíduos. John (2000) afirma que em São Paulo, por exemplo, o esgotamento das reservas próximas da capital faz com que a areia natural já esteja sendo transportada de distâncias superiores a 100 km, resultando em significativo aumento no consumo de energia e geração de poluição.

Além do esgotamento dos recursos naturais, a geração de RCC também causa impactos ambientais devido à saturação de espaços disponíveis na cidade para descarte desses materiais. Segundo Ferreira e Moreira (2013), as soluções normalmente empregadas para os resíduos, como aterros e lixões, possuem vários inconvenientes ambientais e se tornam cada vez mais caros em função da diminuição de seu espaço útil. Somado a isso, a simples disposição inadequada do entulho desperdiça um material que pode ter um destino mais nobre através da reutilização e reciclagem. O reaproveitamento deste resíduo é uma alternativa econômica vantajosa, na medida em que introduz no mercado um novo material com grande potencialidade de uso para diferentes fins.

Outros impactos causados por disposição irregular de RCC são o comprometimento da paisagem (poluição visual), comprometimento do trânsito de pedestre e veículos nas vias, interferência no sistema de drenagem, focos e proliferação de vetores de doenças, redução da vida útil dos aterros sanitários, afeta ainda as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, a qualidade dos recursos naturais, a biota e as atividades sociais e econômicas, entre outros. O entulho é responsável por altos custos socioeconômicos e ambientais nas cidades em função das deposições irregulares. Por exemplo, na cidade de São Paulo, estes gastos são na ordem de R\$ 45 milhões/ano para coleta-transporte-deposição destes resíduos (ANGULO et al., 2002 apud FRAGA, 2006).

### 3.6 USINA DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A partir da existência de uma maior conscientização sobre a preservação do meio ambiente foram definidas responsabilidades, estabeleceram-se padrões a serem adotados e determinaram-se metas a serem alcançadas, a fim de reduzir o impacto ambiental provocado pelo crescimento urbano.

No Brasil, a Resolução CONAMA N° 307, editada em 5 de julho de 2002, aparece explicitamente a constatação da viabilidade técnica e econômica de produção e

uso de materiais provenientes da reciclagem de RCC. Em 2004, a edição da norma NBR 15.114 foi a primeira norma técnica a tratar de diretrizes, implantação e operacionalização de usinas de reciclagem de RCC no Brasil. Anteriormente à essa edição, existiam no Brasil poucas usinas de reciclagem de RCC, destacando-se a primeira delas, localizada em São Paulo, construída em 1991. Posteriormente, outras duas usinas foram implantadas, em Londrina/PR, no ano de 1993, e em Belo Horizonte/MG, em 1994.

Nesta mesma linha de ação, a Prefeitura Municipal de João Pessoa sob a responsabilidade da Empresa Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR), autarquia de limpeza urbana municipal, implantou a Usiben no ano de 2007, com início de operação em 2008. Com capacidade de processamento de 20 toneladas/hora de resíduos da construção civil, é considerada uma usina de porte médio, tipo fixa, de primeira geração, localizada no bairro residencial de José Américo, que tem como principal objetivo a reciclagem de resíduos da construção civil – Classe A.

A Usiben recebe os resíduos gratuitamente dos grandes e pequenos geradores, na cidade de João Pessoa, para transformá-los em material (brita, cascalhinho, pó de pedra, etc.) utilizados em obras públicas da PMJP. O processo de funcionamento da usina é constituído de dois fluxos de processamento para o beneficiamento de RCC reciclados cerâmicos e de concreto. Os RCC recebidos na usina são identificados quanto à origem, tipo e volume, por meio de informações dados pelo condutor. Em seguida, é encaminhada para a área de estocagem e segregação conferindo o material Classe A. A usina é constituída das seguintes áreas de trabalho:

- Área de recebimento, estoque e segregação do material: nessa etapa, ocorre a conferência da metragem, a inspeção visual, a segregação e a nebulização do material recebido;
- Concentração: após o recebimento, o material deve ser separado em seus diferentes componentes. Utiliza-se a seleção manual (catação) e a magnética. Esta etapa também pode ocorrer após a cominuição.
- Cominuição: esta operação também é chamada de britagem e tem por objetivo reduzir o material a um diâmetro inferior. Nesta etapa o equipamento utilizado na Usiben é um britador de impacto (martelos).

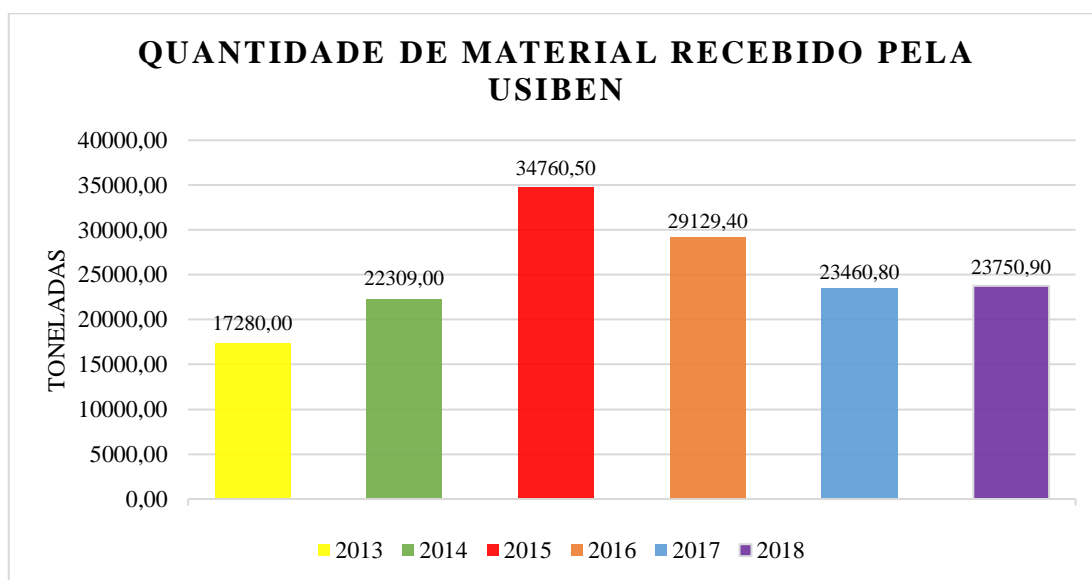
A introdução de novos produtos no mercado, principalmente constituídos por agregados reciclados é bastante difícil, pois é necessário assegurar a qualidade e preços. Lima (1999) mostra que a reciclagem dos RCC apresenta vantagens ambientais e econômicas, reduzindo gastos com a retirada de entulhos das obras, reduzindo a



quantidade de agregados a ser comprada e também reduzindo a quantidade de aglomerantes à ser comprado, pois as argamassas com reciclados usam menos aglomerantes. Estes benefícios são distribuídos por todos: construtores, órgãos públicos, população e principalmente o meio ambiente.

O Gráfico 3.6 mostra o volume RCC recebido na Usiben, entre o período de 2013 e 2018.

Gráfico 3.6 – Quantidade de material recebido na USIBEN entre o período 2013/2018.



Fonte: Adaptado da Usiben.

Vale salientar que os resíduos entregues à Usiben entre 2017/2018 foram bem inferiores em relação ao período 2015/2016 devido à crise na construção civil que interferiu diretamente no número de construções.

### 3.7 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS

Segundo a Resolução 307 do CONAMA, o gerenciamento dos resíduos consiste no 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. A gestão de RCC tem como objetivo a melhoria da limpeza urbana, redução dos custos, facilidade de disposição de pequenos volumes gerados e os descartes dos grandes volumes gerados, preservação ambiental, incentivo às parcerias e à redução da geração

de resíduos nas atividades construtivas, bem como na preservação do sistema de aterros para a sustentação do desenvolvimento.

Em primeiro lugar apresenta-se a não geração do resíduo, ou seja, a redução da geração do resíduo na fonte. Depois, uma vez que o resíduo foi gerado sua reutilização deve ser considerada. A terceira forma de disposição possível é a reciclagem. A quarta alternativa é a recuperação de energia, ou seja, a incineração. E finalmente, a quinta forma de disposição é o aterro sanitário. Considerando que a legislação pertinente proibiu, desde julho de 2004, o encaminhamento dos resíduos sólidos da construção a aterros sanitários e domiciliares, e considerando ainda, o potencial de reciclagem do resíduo da construção, o foco da gestão dos resíduos da construção deve ser na redução, na reutilização e na reciclagem dos resíduos gerados nos canteiros de obra.

### 3.7.1 Redução

Um planejamento adequado para cada etapa da obra é a principal forma de se ter uma política de redução dos RCC. Essa redução está diretamente ligada ao processo construtivo como um todo, em que todas as suas fases, devidamente integradas, reduzem o nível de perdas, diminuindo a geração de resíduos. Dessa forma, é necessário analisar o processo construtivo, constituído de cinco fases básicas:

- Inicial: inclui o planejamento e a análise de viabilidade do empreendimento;
- Elaboração de projeto;
- Construção;
- Utilização: implica na utilização da edificação e na realização de manutenção e reformas;
- Demolição: geralmente ocorre quando acaba a vida útil da edificação.

No Brasil, é incipiente a quantidade de empresas de construção civil que fazem a gestão de resíduos em canteiros de obras e desenvolvem ações planejadas para a redução de sua geração. A segregação, acondicionamento e disposição final dos resíduos ainda não são realizados de forma adequada e integrada às atividades produtivas dos canteiros, vindo a interferir em questões relacionadas à competitividade sustentável (FIEB, 2013).

Algumas ações como aperfeiçoamento de projeto, capacitação da equipe, melhor gestão de processos, etc., que direcionam para a menor geração de RCC, indicam que o reaproveitamento e reciclagem devem ser tratados como soluções intermediárias, quando

a própria redução não for possível. Mesmo conhecendo a necessidade de se reduzir a geração de resíduos, percebe-se ainda uma tímida reação, tanto por parte do setor público como do setor privado, para solucionar o problema. Há dificuldade por parte das empresas e governos municipais em criar mecanismos de gerenciamento eficazes capazes de nortear um uso mais inteligente dos materiais nas frentes de trabalho, visando com isso uma redução no volume de material a ser descartado mais tarde (OLIVEIRA E MENDES, 2008).

### 3.7.2 Reutilização

De acordo com a Resolução 307 do CONAMA, a reutilização de resíduos consiste no processo de reaplicação do resíduo, sem que ocorra a transformação do mesmo. A reutilização hoje se torna de fundamental importância tendo em vista a escassez de matéria-prima cada vez maior no planeta. Além disso, segundo Carneiro (2001), é uma alternativa de controle e minimização dos problemas ambientais causados pela geração de subprodutos de atividades urbanas e rurais.

A reutilização de materiais se torna possível a partir da escolha dos sistemas e tecnologias de construção durante a fase de projeto. Os resíduos produzidos numa obra podem ser reutilizados desde que sejam utilizados procedimentos adequados na sua utilização e, posteriormente, na sua disposição. Na busca de mais racionalização, procura-se especificar materiais e equipamentos com maior durabilidade e maior número possível de utilizações.

Os dados, dispostos no Quadro 3.5, mostram que apesar do alto potencial de reutilização, apenas uma pequena parcela dos resíduos é efetivamente reutilizada. A nível internacional, os países da União Europeia destinam mais de 70% dos resíduos produzidos para aterros. No entanto, alguns países como Holanda, Bélgica e Dinamarca, atingiram taxas de reaproveitamento superiores a 80%. No Brasil, ainda não há muita informação sobre a quantidade de resíduos reutilizados especificamente.

Quadro 3.5 – Quantidade de RCD reaproveitado em países da Europa.

<b>País</b>	<b>Entulho (mil ton/mês)</b>	<b>Reutilização (%)</b>	<b>Depositado em aterros (%)</b>
<b>Alemanha</b>	59	17	83
<b>Inglaterra</b>	30	45	55

<b>França</b>	24	15	85
<b>Itália</b>	20	9	91
<b>Espanha</b>	3	< 5	>95
<b>Holanda</b>	11	90	10
<b>Bélgica</b>	7	87	13
<b>Áustria</b>	5	41	59
<b>Portugal</b>	3	< 5	>95
<b>Dinamarca</b>	3	81	19
<b>Grécia</b>	2	< 5	>95
<b>Suécia</b>	2	21	79
<b>Finlândia</b>	1	45	55
<b>Irlanda</b>	1	< 5	>95
<b>Média total</b>	18	28	72

**Fonte:** Adaptado de LUCHEZI (2012).

### 3.7.3 Reciclagem

Na Resolução 307, a reciclagem de resíduos é definida como sendo o processo de reaproveitamento, após estes terem sido submetidos à transformação. Quando os resíduos são selecionados, graduados e limpos adequadamente, tornam-se um agregado secundário, cuja utilização, em função da origem e tratamento, cobrem desde um aterro até um concreto. O principal obstáculo na reciclagem estava na crença de que um material secundário não pode ter constância na qualidade.

Do ponto de vista técnico as possibilidades de reciclagem dos resíduos variam de acordo com a sua composição. Quase a totalidade da fração cerâmica pode ser beneficiada como agregado com diferentes aplicações conforme sua composição específica. As frações compostas predominantemente de concretos estruturais e de rochas naturais podem ser recicladas como agregados para a produção de concretos estruturais. A presença de fases mais porosas e de menor resistência mecânica, como argamassas e produtos de cerâmica vermelha e de revestimento, provoca uma redução da resistência dos agregados e um aumento da absorção de água, assim, os agregados mistos têm sua aplicação limitada à concretos de menor resistência, como blocos de concreto, contra-pisos, camadas drenantes, etc. Frações compostas de solo misturado a materiais cerâmicos

e teores baixos de gesso, podem ser recicladas na forma de sub-base e base para pavimentação. A fração metálica é facilmente vendida a indústria da sucata.

No trabalho de Correia (2014) foi apresentado a viabilidade econômica da utilização dos resíduos da construção civil na pavimentação do Parque Tecnológico do Rio de Janeiro, localizado na Ilha do Fundão. Os resíduos gerados pela demolição de parte do Hospital Universitário do Fundão foram analisados em laboratório em um trabalho desenvolvido por Freitas (2011).

Na utilização dos resíduos da construção civil como agregados para concreto Assis (2015) realizou um estudo comparativo de resistência à compressão de concreto utilizando agregados reciclados miúdos e graúdos coletados na Usina de Reciclagem do Nordeste, na cidade de Fortaleza/CE. Também foi realizado um traço utilizando o agregado convencional, que foi usado como referência ao estudo.

Além dessas aplicações, os RCC podem ainda ser processados por equipamentos que resultam em grãos com dimensões semelhantes aos da areia, para serem utilizados como agregado para argamassas de assentamento e revestimento. Em seu estudo, Calcado (2015) avalia a influência da substituição parcial do agregado natural pelo reciclado no desempenho de diferentes traços de argamassa de cimento Portland.

#### **4. METODOLOGIA**

A metodologia do trabalho foi dividida em duas partes. A primeira apresenta uma revisão bibliográfica obtida através de livros, monografias e estudos sobre o assunto tratado, onde foram analisados o conceito, a composição e a geração dos resíduos da construção civil, a legislação vigente, entre outros assuntos. Na sequência é realizada uma análise a partir de dados secundários sobre as principais aplicações dos RCC e as vantagens e desvantagens da sua utilização.

#### **5. RESULTADOS**

Para utilizar resíduos como matéria-prima em substituição aos materiais tradicionais, é necessário que esse insumo alternativo apresente padrões de desempenho compatíveis com a sua utilização. No Brasil, por não haver um bom processo de separação dos resíduos na fonte, como canteiros de obra, e por ser feito o

beneficiamento em instalações simples, os agregados reciclados não apresentam homogeneidade de suas características, dificultando seu emprego. Independente da aplicação que se queria dar ao resíduo reciclado, de um modo geral, quanto mais adequado às normas técnicas, maiores serão suas possibilidades de utilização.

A utilização dos RCC pode ser feita em diversas áreas como, por exemplo:

- Contrapiso de interiores;
- Sistemas de drenagem;
- **Pavimentação;**
- **Agregados para concreto;**
- **Agregados para a argamassa.**

As principais aplicações dos resíduos da construção civil são os três últimos tópicos.

## 5.1 PAVIMENTAÇÃO

De acordo com a ABRECON, a pavimentação (base, sub-base ou revestimento primário), na forma de brita corrida ou ainda em misturas do agregado reciclado com o solo, é forma mais simples da reciclagem do entulho exigindo menor utilização de tecnologia, o que implica menor custo do processo. Esse processo permite ainda a utilização de todos os componentes minerais do entulho sem a necessidade de separação de nenhum deles, economia de energia no processo de moagem, possibilidade de utilização de uma maior parcela do entulho produzido e uma maior eficiência do resíduo quando adicionado a solos saprolíticos em relação à mesma adição feita com brita.

De acordo com Leite (2007), a primeira via pavimentada com resíduo da construção civil foi na cidade de São Paulo no ano de 1984, caracterizada por um baixo volume de tráfego. As camadas de reforço do subleito e sub-base do pavimento foram construídas com agregados reciclados e teve acompanhamento executivo e de desempenho pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) e na época apresentou bom desempenho. Na Figura 5.1 é apresentado o esquema estrutural desse pavimento.

Figura 5.1 – Esquema estrutural do pavimento em São Paulo.



Fonte: Hortegal *et. al.* (2009).

Vários autores, como Zordan (1997) e Leite (2001), avaliaram a viabilidade técnica da utilização desses materiais em relação as propriedades mecânicas. Os resultados, dispostos no Quadro 5.1, mostraram os diversos usos dos agregados reciclados na pavimentação e seus resultados.

Quadro 5.1 – Casos de uso do RCC em pavimentação.

Locais	Tipo	Uso	Resultados
Belo Horizonte	Flexível	Camadas de reforço do sub-leito, sub-base e base de pavimentação	Similaridades nas estruturas dimensionadas com agregados reciclados e convencionais
Manaus	Flexível	Retirada do seixo (agregado graúdo) da mistura asfáltica e substituição por agregados reciclados	As misturas com agregado reciclado precisam de uma maior quantidade de ligante, pois estes materiais apresentam maior porosidade que os convencionais

Espanha	Flexível	Agregado reciclado de RCC em troca do agregado graúdo no concreto asfáltico	Vantagens econômicas para obras e minimização dos impactos socioambientais que os resíduos causam
---------	----------	---	---

**Fonte:** Adaptado de Silva *et al.* (2015).

Outro exemplo de utilização do RCC na pavimentação ocorreu no Parque Tecnológico do Rio de Janeiro, localizado na Ilha do Fundão. O Parque Tecnológico é formado por uma área de, aproximadamente, 110 mil m<sup>2</sup>, sendo que a área a ser pavimentada é de 12.772 m<sup>2</sup>. Na construção das camadas de base e sub-base dos pavimentos, foram usados os resíduos da demolição do Hospital Universitário do Fundão.

Segundo Correia (2014), a demolição de parte do Hospital Universitário do Fundão gerou um montante de 137 mil toneladas de resíduo que foi leiloadado, sendo vencedora a empresa Britex Soluções Ambientais, com sede em São Paulo. A empresa construiu uma mini usina com britadores móveis capazes de produzir materiais como brita corrida, pedras brita e pó de pedra.

Em seu estudo, Correia (2014) realizou um dimensionamento comparativo das estruturas do pavimento, utilizando material convencional e RCC. Os Quadros 5.2 e 5.3 apresentam, respectivamente, as características de cada camada com material convencional e RCC.

Quadro 5.2 – Características da estrutura do pavimento com material convencional.

Camada	Material	Espessura (cm)	ISC (%)
Capa	CBUQ	5,0	-
Base	Brita corrida	15,0	82,0
Sub-base	Pó de pedra	15,0	26,7
Reforço do subleito	Selec. CBR > 10	60,0	3,0
Subleito	Terraplanagem	-	-

**Fonte:** Adaptado de Correia (2014).



Quadro 5.3 – Características da estrutura do pavimento com RCC.

<b>Camada</b>	<b>Material</b>	<b>Espessura (cm)</b>	<b>ISC (%)</b>
Capa	CBUQ	5,0	-
Base	Brita corrida	20,0	82,0
Sub-base	Pó de pedra	20,0	26,7
Reforço do subleito	Selec. CBR > 10	60,0	3,0
Subleito	Terraplanagem	-	-

**Fonte:** Adaptado de Correia (2014).

Vale ressaltar que os valores adotados para as espessuras das camadas de base, sub-base e reforço do subleito foram mais altos que os obtidos no dimensionamento, afim de ampliar a margem de segurança.

Além disso, o autor analisou os custos envolvidos no processo para ambos os materiais, onde os resultados estão dispostos no Quadro 5.4. Os custos foram obtidos através do sistema de custo da empresa de obras públicas do estado do Rio de Janeiro – EMOP, e os custos com material reciclado foram retirados diretamente dos valores pagos pela empresa que executou a obra.

Quadro 5.4 – Comparativo de custo entre material convencional e RCC.

<b>Material</b>	<b>Brita corrida</b>	<b>Pó de pedra</b>	<b>Transporte</b>	<b>Total</b>
<b>Convencional</b>	R\$ 104.870,90	R\$ 99.717,39	R\$ 56.206,89	R\$ 260.795,18
<b>RCC</b>	R\$ 63.860,00	R\$ 63.860,00	R\$ 12.040,37	R\$ 139.760,37
<b>Diferença</b>	R\$ 41.010,90	R\$ 35.857,39	R\$ 44.166,52	R\$ 121.034,81
<b>RCC/Convencional</b>	60,9%	64,0%	21,4%	53,6%

**Fonte:** Adaptado de Correia (2014).

A partir dos resultados obtidos, a estrutura do pavimento com RCC obteve uma diferença de R\$ 121.034,81 a menos no custo total da obra.

## 5.2 AGREGADOS PARA CONCRETO

Outra aplicação dos RCC são os agregados para o concreto não estrutural, a partir da substituição dos agregados convencionais, como a brita e areia. Assis (2015)

realizou um estudo experimental com o objetivo de avaliar o comportamento de concretos produzidos com agregados reciclados. Os resíduos utilizados foram coletados na Usina de Reciclagem do Nordeste, localizada na cidade de Fortaleza/CE, e eram compostos principalmente de resíduos de concreto, argamassa e material cerâmico. As amostras foram secas em estufa, peneiradas e separadas em agregados miúdos e graúdos.

Foram produzidos dois traços de concreto, um utilizando a fração miúda do RCC e outra a fração graúda. Um terceiro traço foi produzido utilizando agregados naturais convencionais para um concreto de resistência de 20 Mpa, para ser adotado como referência. No Quadro 5.5 é apresentado o resumo do ensaio de compressão dos corpos de prova.

Quadro 5.5 – Resumo do ensaio de compressão dos corpos-de-prova (CP).

<b>CP</b>	<b>Agregado</b>	<b>Idade (dias)</b>	<b>Tensão Ruptura (MPa)</b>	<b>Carga ruptura (Kgf)</b>
01	Natural	7	7,3	5.850
02	Natural	7	6,2	4.950
03	Natural	7	7,5	6.000
07	RCC – Graúdo	7	9,6	7.680
08	RCC – Graúdo	7	8,4	6.730
09	RCC – Graúdo	7	9,5	7.630
13	RCC - Miúdo	7	8,7	6.960
14	RCC – Miúdo	7	8,4	6.750
15	RCC – Miúdo	7	7,4	5.890
04	Natural	28	10,2	8.180
05	Natural	28	9,1	7.320
06	Natural	28	10,2	8.200
10	RCC – Graúdo	28	12,1	9.700
11	RCC – Graúdo	28	13,7	11.010
12	RCC – Graúdo	28	13,7	10.990
16	RCC – Miúdo	28	13,5	10.850
17	RCC – Miúdo	28	13,4	COLUNAR

18	RCC – Miúdo	28	14,6	COLUNAR
----	-------------	----	------	---------

**Fonte:** Adaptado de Assis (2015).

Assis (2015) observou que utilizando 100% de agregado reciclado miúdo a maior resistência a compressão alcançada aos 7 dias foi 8,7 MPa. Entretanto, Leite (2001) apresentou em seu estudo experimental, que utilizando 50% de agregado reciclado miúdo, obteve resistência média aos 7 dias de 17,7 MPa, comprovando que utilizando teor menor de agregado reciclado miúdo pode-se obter melhores resistências à compressão. Utilizando 50% de agregado reciclado graúdo, Leite (2001) obteve 18,5 MPa de resistência à compressão média aos 7 dias de cura. Já nos resultados de Assis (2015), para o agregado reciclado graúdo, o maior valor encontrado aos 7 dias foi 9,6 Mpa. Assim, o autor chegou à conclusão que os agregados reciclados podem obter desempenhos satisfatórios na produção de concretos sem função estrutural, blocos de pavimentação, blocos de concreto, entre outros.

### 5.3 AGREGADOS PARA ARGAMASSA

Alguns estudos têm mostrado a viabilidade da substituição parcial da areia natural por agregados reciclados para a produção de argamassa de assentamento e revestimento. Os agregados reciclados apresentam maior porosidade do que os agregados artificiais, oriundos de rochas britadas, que influencia na resistência mecânica, nas propriedades físicas, na absorção de água e na massa específica aparente dos concretos e argamassas produzidos com estes agregados.

Calcado (2015) propôs avaliar a influência da substituição parcial do agregado natural pelo reciclado no desempenho de diferentes traços de argamassa de cimento Portland. O agregado utilizado foi obtido através da britagem dos RCC provenientes da demolição da ala sul do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, no Rio de Janeiro/RJ.

Foram moldadas 12 misturas com três traços distintos, sendo classificadas em argamassa rica, mediana e pobre. A argamassa rica possuía traço 1:2 e fator água/cimento (a/c) de 0,45, a mediana possuía traço 1:4 e fator a/c de 0,68 e a pobre, traço 1:6 e fator a/c 1,05. Para cada uma das classificações foram utilizados teores de substituição de 0% 15%, 25% e 50% do agregado natural (AGN) pelo agregado reciclado (AGR). O Quadro

5.6 apresenta a classificação, a nomenclatura e a proporção dos agregados que foram adotados para as misturas de argamassa produzidas.

Quadro 5.6 – Classificação das misturas das argamassas.

<b>Classificação</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>% Agregados</b>
<b>ARGAMASSA RICA</b>	M1	100 % AGN
	M1 – 15%	85% AGN + 15% AGR
	M1 – 25%	75% AGN + 25% AGR
	M1 – 50%	50% AGN + 50% AGR
<b>ARGAMASSA MEDIANA</b>	M2	100% AGN
	M2 – 15%	85% AGN + 15% AGR
	M2 – 25%	75% AGN + 25% AGR
	M2 – 50%	50% AGN + 50% AGR
<b>ARGAMASSA POBRE</b>	M3	100% AGN
	M3 – 15%	85% AGN + 15% AGR
	M3 – 25%	75% AGN + 25% AGR
	M3 – 50%	50% AGN + 50% AGR

**Fonte:** Adaptado de Calcado (2015).

A autora notou que a granulometria do AGR obtida nos ensaios foi satisfatória, onde o mesmo apresentou-se mais bem graduado que o AGN. Em relação à trabalhabilidade, percebeu-se que o empobrecimento das misturas de referência ocasionou uma redução da trabalhabilidade. A mistura de referência de argamassa pobre sofreu redução da trabalhabilidade, já a mistura de referência mediana sofreu uma maior redução. Observou-se também que das misturas de argamassa rica com agregado reciclado apenas a mistura com 15% de substituição apresentou redução da trabalhabilidade, enquanto todas as misturas de argamassa mediana com agregado reciclado apresentaram acréscimo. As misturas de argamassa pobre com 25% e 50% de substituição também apresentaram aumento desta propriedade. Outra característica observada foi a boa aparência de todas as misturas, as quais não apresentaram segregação e exsudação e também não necessitaram da adição de superplastificante. Com tais resultados, percebe-se que apenas a mistura M1-15% apresentou redução da trabalhabilidade, o que permite concluir que o uso de agregado reciclado não prejudica a

trabalhabilidade das argamassas nos teores de 25% e 50%, podendo, inclusive, ocorrer um aumento na mesma.

Através dos resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão, Calcado (2015) notou que o empobrecimento do traço das argamassas ocasiona uma perda de até 85% nas misturas de referência. Em todas as misturas de argamassa rica com agregado reciclado ocorreu redução da resistência à compressão, enquanto na argamassa mediana apenas a mistura com 50% de substituição apresentou redução. Já na argamassa pobre, foi observado que a mistura com 25% de substituição apresentou acréscimo nesta propriedade. Desta forma, pode-se concluir que a substituição do agregado natural pelo reciclado na argamassa pobre até 50% e na argamassa mediana até 25% não prejudica a resistência à compressão das argamassas.

#### 5.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE RCC

A reciclagem dos resíduos da construção civil, independente da finalidade, representa vantagens econômicas, sociais e ambientais. De acordo com Ferreira e Moreira (2013), a principal vantagem é a preservação dos recursos naturais, reduzindo o volume de extração de matérias-primas, visto que a escassez já é notória em algumas cidades. Ainda no âmbito ambiental, a reciclagem contribui para a redução da poluição gerada pela disposição inadequada do entulho e suas consequências negativas como poluição do solo, enchentes, assoreamento de rios e córregos, entre outros.

Outra vantagem que pode ser apontada com a reciclagem dos RCC é a economia na aquisição de matéria-prima, devido à substituição de materiais convencionais por materiais reciclados. A exemplo da PMJP que destina o material reciclado, produzido na Usiben, para a Secretaria Municipal de Infraestrutura (Seinfra) que realiza obras de pavimentação nas vias da capital. O resultado são benefícios para a economia da gestão municipal, ganhos para a população e para o meio ambiente, explica Samyr Sampaio, engenheiro responsável pela Usiben

O uso dos agregados reciclados também apresenta vantagens na produção de materiais de construção. Calcado (2015) concluiu que a utilização de agregado reciclado na produção de argamassa não prejudica a trabalhabilidade, podendo em alguns casos ocorrer aumento. Zordan (1997) afirma que as argamassas produzidas com entulho apresentam uma redução de 10 a 15% no consumo de cimento, 100% no consumo de cal

e, de 15 a 30% no consumo de areia. Assis (2015) afirmou que os agregados reciclados podem obter desempenhos satisfatórios na produção de concretos sem função estrutural.

Apesar das inúmeras vantagens da reciclagem dos resíduos da construção civil, esse processo ainda apresenta algumas desvantagens, principalmente pela falta de incentivo e pesquisas feitas nessa área, no Brasil. A variabilidade das propriedades físicas e a composição heterogênea do material, devido à falta de segregação na fonte, dificultam e encarecem o processo de reciclagem desses materiais.

A aplicação prática desse processo ainda é incipiente e, apesar de ser viável em alguns casos, há desafios tecnológicos e comerciais a serem vencidos para que os produtos possam, gradualmente, conquistar o mercado consumidor, como uma opção ambientalmente correta, tanto do ponto de vista da reciclagem quanto da durabilidade das construções.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir dos dados estudados, foi possível analisar os benefícios que a reciclagem dos resíduos da construção civil traz, tanto no âmbito ambiental quanto econômico. A utilização do agregado reciclado na pavimentação do Parque Tecnológico do Rio de Janeiro resultou em uma economia de R\$ 121.034,81, sem diminuir as propriedades das camadas de sub-base e reforço do subleito. No concreto, teores pequenos de agregado reciclado desempenham resultados satisfatórios na produção de concretos sem função estrutural, assim como na produção de argamassas.

Mesmo com várias iniciativas sustentáveis, a redução, reutilização e reciclagem ainda é pequena se comparada com a quantidade de RCC gerada no Brasil, que ultrapassou 122.000 t/dia, em 2018. Por parte das construtoras, a geração de resíduos pode diminuir sem maiores mudanças na tecnologia, mas através do aperfeiçoamento de projetos, utilização de materiais adequados, treinamento da equipe de execução e melhor gestão dos processos executivos

Mesmo com os estudos já realizados sobre as possibilidades de utilização de agregados reciclados em diversas áreas, ainda é necessário mais incentivos para pesquisas. A falta de propagação de novos dados acerca do assunto, principalmente no meio comercial, é responsável pela falta de interesses das construtoras em utilizar esse tipo de material.

Apesar da existência de leis e decretos sobre o assunto, existem algumas lacunas que precisam ser aprimoradas, pois na prática elas não são devidamente regulamentadas ou fiscalizadas. Nesta linha de ação, é preciso incentivar o surgimento e a respectiva comercialização de novos materiais de construção produzidos com o agregado reciclado das usinas de beneficiamento, fazendo que o produto final da reciclagem venha a ser mais utilizado e ganhe mais valor no mercado. Tanto o Governo Federal quanto os Estaduais e Municipais poderiam incentivar a reciclagem na construção civil exigindo que seus contratantes utilizem o agregado reciclado, por meio de editais e licitações. Também podem impor obrigatoriedade da utilização dos agregados reciclados nas próprias obras geradoras. Assim, o entulho passaria a ter valor e a deposição irregular seria cada vez menor, além da redução do custo final das construções e dos gastos da Administração Pública na limpeza e remoção desses resíduos.

## **7. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS**

Como sugestão para pesquisas futuras, visando ampliar acerca da atual gestão dos RCC no estado da Paraíba e sua utilização, propõem-se:

- Estudo da geração de Resíduos da Construção Civil de João Pessoa ou outra cidade do estado;
- Estudo da viabilidade técnica e econômica da utilização de agregado reciclado em obras de empresas locais;
- Estudo da viabilidade econômica na utilização de agregados reciclados em obras de pavimentação pela Prefeitura Municipal de João Pessoa.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. Brasil, 2018.

ASSIS, Allison da Silveira. **Utilização de resíduos de construção e demolição (RCD) como agregados na produção de concretos**. Apresentado no Congresso Técnico de Engenharia e Agronomia – CONTECC, Fortaleza, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.004: Resíduos sólidos – classificação**. Rio de Janeiro. ABNT. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2018.

BRASIL. Lei n. 12.305 de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Ministério do Meio Ambiente. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA**. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. DOU nº 136/2002, de 17.07.2002. Brasília – DF. 2002.

CALCADO. G. C. S. **Influencia da adição de agregados reciclados de resíduos da construção e demolição no desempenho de argamassas de cimento Portland**. Monografia. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

CARNEIRO, A. P., QUADRTOS, B. E. C.; OLIVEIRA, A. M. V.; SAMPAIO, T. S.; ALBERTE, E. P. V. **Características do entulho e do agregado reciclado**. Projeto Entulho Bom. Salvador. EDUFBA/CEF. 2001.

CARNEIRO, F. P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife**. Dissertação. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

CORREIA, Rodrigo da Silva. **Estudo da viabilidade econômica para o uso de resíduos da construção e demolição em camadas de base e sub-base de pavimentos**. Monografia. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014



CASSA, J. C. S.; BRUM, I. A. S.; CARNEIRO, A. P.; COSTA, D.B. **Diagnóstico dos setores produtores de resíduos na região metropolitana de Salvador/BA.** Projeto Entulho Bom. Salvador. EDUFBA/CEF. 2001.

FERREIRA, A. R. L.; MOREIRA, H. C. **Análise Crítica da Gestão de Resíduos de Construção Civil: Estudo de caso do Município do Rio de Janeiro.** Monografia. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

HORTEGAL, M. V.; FERREIRA, T. C.; SANT'ANA, W. C. **Utilização de agregados residuais sólidos da construção civil para pavimentação em São Luis – MA.** Pesquisa em Foco Vol. 17. 2009.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** 2000, 102f. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LEITE, Mônica Batista. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição.** Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2001.

LEITE, Fabiana da Conceição. **Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos.** Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

LLATAS, C. A. **A model for quantifying construction waste in projects according to the European wast list.** Waste Management. 2011.

LORDSLEEM JR., A. C.; PINHO, S. A. C. **Avaliação de perdas de blocos e argamassas da alvenaria de vedação: estudo de caso.** VI Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 2009, João Pessoa.

MARINOSKI, D. **Alvenarias: conceitos, alvenaria de vedação, processo executivo.** Departamento de Arquitetura e Urbanismo – UFSC, Florianópolis. 2011.

MIRANDA, F.R.M; ÂNGULO, S.C; CARELI, E.D. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008.** Ambiente Construído. Porto Alegre, 2009.

NAGALLI, A. et al. **Resíduos de madeira na construção: oportunidade ou perigo?** 2013

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

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

SILVA, G. S. et al. **Revestimentos cerâmicos e suas aplicabilidades.** Ciências Exatas e Tecnologias. Maceió, AL. 2015.

VIANA, K. S. C. L. **Metodologia simplificada de gerenciamento de resíduos sólidos em canteiros de obras.** Dissertação. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

ZORDAN, S. E. **A utilização do Entulho como Agregado na Confeção do Concreto.** 1997. 140 f. Dissertação. Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 1997.