

## A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E A PAVIMENTAÇÃO COMO SOLUÇÃO: UMA REVISÃO DA LITERATURA

*THE PROBLEM OF CIVIL CONSTRUCTION WASTE AND PAVING AS A SOLUTION: A LITERATURE REVIEW*

**MARCELO SOARES DE ALMEIDA RIOS, MARCOS PAULO GOMES MOL**

**RESUMO:** O desenvolvimento urbano está diretamente ligado ao aumento da geração de resíduos da construção civil (RCC). Diante deste contexto, o objetivo desse trabalho foi realizar uma revisão da literatura em bases de dados científicas a fim de discutir alternativas a esse problema. Foram abordados aspectos importantes sobre os RCC como: definição e classificação, geração, destinação final, reciclagem em pavimentação. Também foi realizado um comparativo entre o uso do pavimento convencional versus o pavimento ecológico. Sendo assim, após análise dos artigos e resoluções pertinentes, foi possível reafirmar a reciclagem de RCC para uso na pavimentação como uma alternativa com impacto positivo e potencial sustentável.

**Palavras chave:** Sustentabilidade; Resíduos de Construção Civil; Pavimentação Ecológica.

**ABSTRACT:** *Urban development is directly linked to the increase in the generation of construction waste. In this context, the objective of this work was to conduct a literature review in scientific databases in order to discuss alternatives to this problem. Important aspects about construction waste were addressed, such as: definition and classification, generation, final destination, paving recycling. A comparison was also made between the use of conventional pavement versus ecological pavement. Thus, after analyzing the relevant articles and resolutions, it was possible to reaffirm the recycling of construction waste for use in paving as an alternative with positive impact and sustainable potential.*

**Keywords:** *Sustainability; Construction Waste; Ecological Paving.*

## INTRODUÇÃO

A crise ambiental vivenciada pelo homem demanda ações que objetivem a sua remediação. Pode-se afirmar que existe um consenso no que se refere à influência da questão populacional sobre a degradação ambiental e a

consequente utilização dos recursos além da capacidade que conseguem se regenerar. Diante disso, sugere-se que os efeitos do incremento populacional acabam refletindo diretamente na tentativa dos países em se desenvolver de maneira sustentável (RODRIGUES E LEONARDELLI, 2013).

Sustentabilidade é toda ação destinada a manter as condições energéticas, informacionais e físico-químicas que sustentam todos os seres, especialmente a Terra viva, a comunidade de vida e a vida humana, visando a sua continuidade e ainda a atender as necessidades da geração presente e das futuras (BOFF, 2012). Esse conceito ampliado e integrador de sustentabilidade deve servir de critério para avaliar o quanto temos progredido ou não rumo à sustentabilidade e nos deve igualmente servir de inspiração ou de ideia-geradora para realizar a sustentabilidade nos vários campos da atividade humana (BOFF, 2012).

O binômio recursos-população é fator determinante para o desenvolvimento sustentável, entretanto não é suficiente. Para que se opere o desenvolvimento sustentável, deve haver uma ponderação na utilização dos recursos naturais, seja para suprir as necessidades da população ou para garantir as das futuras gerações (RODRIGUES E LEONARDELLI, 2013).

Fraga (2006), aponta que o desenvolvimento das cidades brasileiras aumenta a demanda por novas moradias ao mesmo tempo em que surge a construção de novas indústrias, estradas e obras de infraestrutura, o que mostra a importância do ramo da construção civil no crescimento do país e a influência das construções no meio ambiente.

Para um desenvolvimento sustentável eficaz, há a necessidade da diminuição do consumo de recursos naturais e da geração de resíduos sólidos. Com o correto processo de reciclagem esses resíduos, podem voltar à cadeia produtiva, fazendo com que haja uma redução na exploração de recursos naturais, além da diminuição de resíduos descartados e aterrados de forma incorreta.

Lima e Cabral (2012), apontam que a construção civil é uma atividade de grande impacto ambiental, apresentando elevada utilização de recursos naturais

para a produção de bens de consumo e sendo responsável por grande parte dos resíduos sólidos gerados atualmente. Outro problema importante a ser observado é a destinação final desse resíduo. Muitas vezes ocorrem disposições clandestinas em locais impróprios, causando poluição visual, poluição do ar, entre outros danos ao ambiente. Claro que existem leis e fiscalizações do poder público, mas nem todo resíduo sólido recebe sua destinação final correta. Segundo o IBGE (2008), em uma pesquisa feita com 5.564 municípios, 114 municípios não fazem destinação dos resíduos sólidos e 2 municípios não fazem manejo dos resíduos sólidos.

De acordo com a ABRELPE (2017), foram gerados em 2017, 78,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) no país. Desse montante gerado, 71,6 milhões de toneladas de RSU foram coletados, registrando um índice de cobertura de coleta de 91,2% para o país, o que evidencia que 6,9 milhões de toneladas de resíduos não foram objeto de coleta e, conseqüentemente, tiveram destino impróprio.

O segmento da construção civil é um dos mais importantes em uma nação, haja vista que ele se encontra entre os índices de avaliação de crescimento de um país. Todavia, apesar de ser um segmento econômico, ele gera impactos ambientais, pois consome recursos naturais, altera paisagens e, entre outros fatores, gera resíduos que, no Brasil, representam um grave problema para as cidades sob vários pontos de vista (GUEDES, 2012).

Visando minimizar esses problemas no contexto da construção civil, a reciclagem dos resíduos da construção civil (RCC) ou resíduos de construção e demolição (RCD) surgiu como uma oportuna solução. De acordo com Hortegal et al. (2009), após passar por um processo de reciclagem, o RCC pode ser empregado nas mais diferentes aplicações como, por exemplo, na confecção de elementos pré-moldados e na execução de camadas em estruturas de pavimentos.

Diante deste contexto, o presente trabalho busca apresentar a proposta de reciclagem de RCC para pavimentação, propor uma solução para o grande volume de RCC gerado, comparar o custo do pavimento convencional com o pavimento ecológico e apontar que o uso de RCC em pavimentação ocasiona

um uso menor de recursos naturais. Será mostrado também ao longo do trabalho as definições de RCC, sua destinação final correta, dados quantitativos de geração de RCC no Brasil, comparativo entre a pavimentação convencional e o pavimento ecológico.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo trata-se de uma revisão bibliográfica afim de agregar fundamentação teórica, conhecimento atualizado e análise crítica referente ao tema proposto. Para realização deste estudo foram consultadas as plataformas: SciELO (ScientificElectronic Library Online) e Google Acadêmico. A seleção dos artigos foi embasada em pesquisas, utilizando-se os descritivos: “resíduos da construção civil”, “resíduos de construção e demolição”, reciclagem de resíduos da construção civil”, “reciclagem de resíduos de construção e demolição”, “pavimentação ecológica” e “pavimentação flexível e rígido”.

Dos artigos pesquisados inicialmente, foram levados em conta o título, resumo e palavras chaves. Os critérios de inclusão foram trabalhos em língua portuguesa; artigos mais recentes (ano 2002 a 2019); com temas relacionados a pavimentação ecológica, resíduos da construção civil, reciclagem de resíduos da construção civil, pavimentos rígido e flexível, destinação final dos resíduos da construção civil; dados quantitativos não eram obrigatórios, porém foram abordados dados quantitativos de resíduos da construção civil.

Diante dos objetivos a serem atingidos pelo trabalho, foi realizada uma análise mais detalhada dos trabalhos e selecionados os que mais se aproximaram dos objetivos do presente trabalho, os que possuíam definições de conceitos importantes, dados quantitativos interessantes para serem apresentados.

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A problemática dos resíduos da construção civil vem movendo a cadeia produtiva do setor, já que a Resolução N° 307 (2002) do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e a Lei Federal nº 12.305/10 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) atribuem responsabilidades compartilhadas aos geradores, transportadores e gestores municipais quanto ao gerenciamento destes resíduos (CABRAL, 2011).

### Definição e classificação do RCC

Para melhor entendimento do problema abordado neste trabalho, é necessária a definição e classificação do resíduo da construção civil. Segundo a Resolução CONAMA N° 307 (2002), resíduos da construção civil 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.

Em relação a sua classificação, a Resolução CONAMA N° 307 (2002) traz a seguinte 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 etc.), argamassa e concreto;

- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-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 outros;
  - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;
  - 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.

### **Geração de RCC no Brasil**

Segundo Frigo e Silveira (2012), a crescente geração de resíduos sólidos resultantes de construções civis, demolições e reformas vem exigindo cada vez mais soluções diversificadas de forma a reduzir o descarte de materiais e encaminhamentos para os aterros. Tem-se necessária, também, a potencialização do uso dos resíduos na geração de matérias-primas secundárias através da reciclagem, com vistas a redução da exploração dos recursos naturais não-renováveis, de maneira que contribuam nas condições ambientais dos espaços urbanos.

O Ministério do Desenvolvimento Regional possui o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) que é um sistema de informações consolidado no setor saneamento básico como o mais robusto banco de dados existente no país sobre serviços de saneamento. Esse sistema é composto por informações sobre serviços de água e esgotos, manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem e manejo de águas pluviais.

O SNIS realiza o diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos das cinco regiões do Brasil anualmente. O diagnóstico é elaborado com base nas informações fornecidas pelos titulares dos serviços de saneamento – os municípios, ao Módulo Resíduos Sólidos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Dentro desse diagnóstico são levantados dados quantitativos da massa de resíduo sólido recebida nas unidades de processamento.

No presente trabalho foram utilizados os dados em toneladas dos resíduos da construção civil recebidos na área de transbordo e triagem de RCC e volumosos, área de reciclagem de RCC e aterro de RCC, fornecidos pelo diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos do SNIS dentre os anos de 2010 a 2017.

A Tabela 1 apresenta a massa total recebida por ano no Brasil em cada unidade de processamento dos municípios participantes do SNIS-RS 2010-2017. Já a Tabela 2 apresenta a massa total recebida por ano nas unidades de processamento por região brasileira, a partir dos dados do SNIS-RS 2010-2017. A Tabela 3 apresenta a população total dos municípios participantes do SNIS-RS 2010-2017, segundo região geográfica.

**Tabela 1.** Massa total de RCC recebida pelas unidades de processamento por ano no Brasil, SNIS-RS 2010-2017

Tipo de unidade de processamento	Massa total de RCC recebida pelas unidades de processamento por ano (Tonelada)							
	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Área de transbordo e triagem de RCC e volumosos	395.983	478.844	441.472	354.312	257.318	462.001	664.330	373.972
Área de reciclagem de RCC	1.079.983	826.939	1.446.391	1.125.524	1.000.533	445.955	474.136	869.940
Aterro de RCC (aterro de inertes)	996.153	2.640.594	2.197.644	1.570.580	2.526.709	2.528.289	2.143.120	4.576.590

Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional, SNIS 2010-2017.

**Tabela 2.** Massa total de RCC recebida nas unidades de processamento, por região brasileira, SNIS-RS 2010-2017

Região	Massa total de RCC recebida nas unidades de processamento, por região. (Tonelada)							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Norte	49.446	47	9.000	474.457	0	1.900	0	0
Nordeste	826.024	526.776	741.784	785.234	121.007	400	254.687	25.160
Centro-Oeste	12.000	14.400	250.373	750	3.050.426	311.020	485.340	2.240
Sudeste	4.703.406	2.336.084	1.909.472	2.237.642	2.386.548	3.484.319	2.711.742	2.130.388
Sul	229.645	404.280	525.617	286.496	250.033	287.867	490.608	314.330

Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional, SNIS 2010-2017.

**Tabela 3.** População total dos municípios participantes, segundo região geográfica, SNIS-RS 2010-2017

Região	População total dos municípios participantes							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Norte	7.400.044	9.241.857	10.960.797	12.444.239	13.004.839	13.013.608	12.282.157	12.170.403
Nordeste	26.336.855	26.008.388	33.168.347	37.350.371	39.429.618	35.878.025	36.599.011	36.397.648
Centro-Oeste	8.244.825	8.615.080	10.848.914	11.578.555	12.321.324	11.694.113	12.525.488	12.901.081
Sudeste	26.336.855	65.041.666	71.237.098	75.678.331	77.168.710	76.516.549	77.797.350	78.299.578
Sul	20.482.460	21.293.404	22.462.165	25.350.529	26.082.088	25.161.636	26.558.345	26.643.331

Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional, SNIS 2010-2017.

Também foram utilizados os dados em toneladas de RCC coletados pelos municípios no Brasil, fornecidos pela ABRELPE no Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil nos anos de 2010 a 2017.

O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, é um documento pioneiro e único sobre a gestão dos resíduos sólidos, com periodicidade anual e fruto de pesquisa direta junto a centenas de municípios de todos os portes e em todas as unidades da federação. O Panorama é a fonte de informação mais abrangente e atualizada sobre os principais componentes da gestão de resíduos sólidos, sendo um instrumento referencial e de caráter essencial para a orientação das políticas públicas para o setor (ABRELPE, 2017).

A Tabela 4 apresenta os dados quantitativos da quantidade total de RCC coletado pelos municípios no Brasil:

**Tabela 4.** Quantidade total de RCC coletado pelos municípios no Brasil, por ano e região brasileira

Região	Quantidade total de RCC coletado pelos municípios no Brasil por ano							
	Tonelada							
	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Brasil	45.048.665	45.131.885	45.158.165	44.625.000	42.705.000	35.022.000	32.244.000	30.998.000
Norte	1.725.355	1.722.800	1.728.640	1.657.000	1.562.200	1.278.000	1.218.000	1.096.000
Nordeste	8.973.525	8.901.255	8.873.150	8.784.000	8.089.130	6.531.000	6.129.000	5.614.000
Centro-Oeste	4.954.510	5.041.745	5.079.340	4.991.000	4.905.235	4.003.000	3.816.000	3.596.000
Sudeste	23.382.995	23.353.065	23.395.405	23.166.000	22.442.755	18.439.000	17.415.000	16.094.000
Sul	6.012.280	6.102.070	6.081.630	6.027.000	5.864.455	4.771.000	4.666.000	4.598.000

Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos

Especiais – ABRELPE, 2010-2017.

Analisando as tabelas 1 e 4, podemos observar a discrepância significativa dos dados quantitativos. Pegando como exemplo o ano de 2017, enquanto o diagnóstico do SNIS apresenta que foram recebidos mais de 2,4 milhões de toneladas de RCC nas unidades de processamento, o panorama da ABRELPE apresenta que foram coletados mais de 45 milhões de toneladas de RCC pelos municípios.

Segundo a ABRELPE (2016), a coleta de RCC exige uma atenção especial, visto que a quantidade total desses resíduos é ainda maior, uma vez que os municípios, via de regra, coletam apenas os resíduos lançados ou abandonados nos logradouros públicos.

Fazendo uma análise em relação as regiões do Brasil, na Tabela 2 podemos observar uma variação de massa total de RCC recebida nas unidades de processamento. Já na Tabela 4 podemos observar que também há uma variação na quantidade total de RCC coletado, com a região Sudeste sendo a que mais coletou RCC durante o período de 2010 a 2017.

Analisando as tabelas 2, 3 e 4, pode-se sugerir que o tamanho da população pode influenciar na maior geração de RCC recebida e coletada, uma vez que a região Sudeste sempre foi a mais populosa (Tabela 3) e em todos os anos, menos no ano de 2014 (Tabela 2), recebeu e coletou mais massa de RCC. Por outro lado, também é necessário levar em consideração que no período de 2011 a 2015 a população da região Norte foi maior que a população da região Centro-Oeste (Tabela 3), porém na maioria desses anos a massa de RCC recebida (Tabela 2) na região Centro-Oeste foi maior que da região Norte, além

do fato de que a quantidade de RCC coletada (Tabela 4) na região Centro-Oeste foi maior do que na região Norte nesse período todo.

Outro fator que poderia ser levado em consideração para analisar as discrepâncias entre os valores das Tabelas 1, 2 e 4, é a destinação final inadequada do RCC. Nota-se uma grande diferença entre os valores de quantidades coletadas e destinadas, o que poderia sugerir a efetiva disposição inadequada ou sem controle de parte destes resíduos. Essa suposição necessita de uma verificação mais efetiva para ser assumida como verdade, principalmente devido ao fato destes dados serem secundários, o que demanda uma análise de consistência dos órgãos que geram tais registros. Frigo e Silveira (2012) apontam que além da degradação ambiental, o descarte clandestino e o desperdício desses resíduos acabam por ocasionar a perda da qualidade ambiental dos espaços urbanos e, conseqüentemente gerar grandes custos aos gestores públicos.

### **Destinação final do RCC**

A destinação final e correta do resíduo da construção civil é prevista no Art. 10 da Resolução CONAMA Nº 307 (2002), onde os RCC têm uma destinação de acordo com a sua classe:

- Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
- Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
- Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;
- Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

## **Reciclagem de RCC em pavimentação**

A reciclagem de RCC é uma ótima alternativa para a diminuição do volume gerado tanto para questões ambientais quanto para questões econômicas, já que com o crescimento das obras o volume de resíduos só tende a aumentar. Além disso o volume de RCC que será disposto em aterro será bem menor.

O resíduo reciclado pode ser utilizado como matéria-prima no próprio setor de construção civil. Dentre as alternativas de reciclagem de RCC destacam-se: agregado para fabricação de argamassa, fabricação de concreto, estruturas de solo reforçado, camadas de base e sub-base para pavimentação, coberturas primárias de vias, fabricação de pré-moldados, camadas de drenagem, entre outros.

Apesar dessas várias formas do RCC ser reciclado, no presente trabalho vai ser abordado a utilização do mesmo para pavimentação. Utilizando RCC reciclado o custo do pavimento ecológico é menor quando comparado com o convencional e será necessário menos o uso de recursos naturais diminuindo também o custo final da obra.

Segundo Brasileiro e Matos (2015), em algumas cidades brasileiras a reciclagem dos RCC já se tornou realidade. Na cidade de São Paulo desde a década de 1990 os RCC são reciclados; como o uso de entulho para a pavimentação de ruas, e também agregados do concreto. Em Belo Horizonte os resíduos reciclados são utilizados como base de pavimentação e também na produção de argamassas.

De acordo com Ribeiro (2006), o aproveitamento do entulho na engenharia civil pode representar economia, durabilidade e preservação ambiental, visto que a destinação de alguns resíduos degrada o meio ambiente. Uma das formas mais simples de reciclagem do entulho é a sua utilização em pavimentação, na forma de brita corrida ou ainda em misturas do resíduo com solo.

## **Pavimento convencional versus pavimento ecológico**

Como neste trabalho estamos estudando o reaproveitamento dos RCC na pavimentação, é importante resgatar alguns conceitos e características dos diferentes tipos de pavimentação. Sendo assim serão apresentados os conceitos e características dos pavimentos flexível, rígido e ecológico.

### **Pavimento flexível**

Segundo o DNIT (2006), pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas.

De acordo com Marques (2014), o pavimento flexível utiliza um maior número de camadas e distribui as cargas para uma seção mais concentrada do subleito. Bernucci et al. (2006), apontam que os pavimentos flexíveis são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. É formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito.

### **Pavimento rígido**

O pavimento rígido é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Nos projetos de pavimentos rígidos deve ser dada especial atenção à ocorrência de variações bruscas nas características do subleito, especialmente à presença de solos expansivos e de camadas espessas de argila mole (DNIT, 2006).

Segundo a Associação Brasileira de Pavimentação (2010, apud Almeida, 2015), o pavimento rígido é ideal para vias que apresentam como características tráfego intenso, pesado e repetitivo, caso dos corredores de ônibus. Almeida (2015), ressalta que no pavimento rígido as placas de concreto absorvem quase todo carregamento, sendo o subleito estruturalmente menos vulnerável a cargas pesadas.

O DNIT (2005), apresenta os diversos tipos de pavimentos, empregados no Brasil, em seu manual de pavimentos rígidos. Sendo eles, são os seguintes: de concreto simples convencional ou rolado; tipo whitetopping; com fibras de aço ou de poliprolileno; sobre-laje em tabuleiros de obras de arte especiais; com armação simples de retração; estruturalmente armado, com armação dupla; com peças premoldadas.

A Tabela 5 apresenta as principais características dos pavimentos rígido e flexível:

**Tabela 5.** Comparativo entre pavimento rígido e flexível.

<b>Pavimento Rígido</b>	<b>Pavimento Flexível</b>
Estruturas mais delgada de pavimento	Espessuras mais espessas (requer maior escavação e movimentação de terra) e camadas múltiplas
Resistentes a ataques químicos	É fortemente afetado por produtos químicos
Maior distância de visibilidade horizontal	A visibilidade é bastante reduzida durante a noite
Pequena necessidade de manutenção e conservação	Maior necessidade de manutenções e conservações
Falta de aderência das demarcações viárias devido a porosidade	Melhor aderência das demarcações viárias
Vida útil mínima de 20 anos	Vida útil máxima de 10 anos
Maior segurança à derrapagem	A superfície é muito escorregadia quando molhada
De coloração clara, tem melhor difusão da luz. Permite até 30%	

de economia nas despesas de iluminação da via	De cor escura, tem baixa reflexão de luz. Maiores gastos com iluminação
O concreto é feito com materiais locais, a mistura é feita a frio e a energia consumida é a elétrica	O asfalto é derivado do petróleo importado, misturado normalmente a quente, consome óleo combustível
Melhores características de drenagem superficial: escoamento melhor a água superficial	Absorve a umidade com rapidez e, por sua textura superficial, retém a água, o que requer maiores caimentos
Mantém íntegra a camada de rolamento, não sendo afetada por intempéries	Altas temperaturas ou chuvas abundantes produzem degradação.

Fonte: Silva et al., 2018.

### **Pavimento ecológico**

A execução de vias urbanas demanda de considerável quantidade de material para a sua execução (ALMEIDA et al., 2018). Logo, com a utilização de RCC para a execução de vias urbanas a quantidade de materiais naturais que é utilizado sofreria uma redução, acarretando também na redução do custo final da via.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2012, apud São Paulo, 2012), o resíduo de construção peneirado permite a recuperação de 60% do material para uso na pavimentação, e os 40% restantes podem ser usados em geotecnia.

Almeida et al. (2018) aponta ainda que o dimensionamento de pavimentos com a utilização de agregado reciclável segue as mesmas premissas de dimensionamento dos pavimentos tradicionais, que levam em consideração os materiais utilizados e o controle na execução. O uso do agregado reciclável necessita de uma averiguação prévia para a determinação das propriedades dos diversos materiais constituintes, para o correto dimensionamento um bom controle na execução.

O uso de RCC em camadas dos pavimentos tem-se mostrado viável diante a disponibilidade deste material e da existência de uma tecnologia de reciclagem. Assim, várias cidades do Brasil e no exterior tem utilizado agregados reciclados em pavimentos visto que seus resultados são satisfatórios, por serem alternativas muito interessantes na substituição de materiais naturais, não renováveis, principalmente na pavimentação de vias de baixo volume de tráfego (HORTEGAL, 2009).

Segundo Motta (2005), o emprego de agregados reciclados na construção de pavimentos pode ser interessante, principalmente porque obras de pavimentação consomem grandes quantidades de material e nelas podem ser utilizados todos os tipos de resíduo Classe A, nas mais diferentes granulometrias.

No seu processo de produção, o entulho deve ser processado por equipamentos de britagem ou trituração até alcançar uma granulometria desejada. O solo que será utilizado na mistura deve ser classificado e os resultados dos ensaios de dosagem da mistura solo-entulho devem ser avaliados, bem como as variações da capacidade de suporte, da massa específica aparente máxima seca, da umidade ótima e da expansão (MORAND, 2016).

A Tabela 6 apresenta as características da estrutura de pavimento com material de RCD estudado por Correia (2014):

**Tabela 6.** Características da estrutura do pavimento com RCC

<b>Camada</b>	<b>Material</b>	<b>Espessura (cm)</b>	<b>ISC</b>
Capa	CBUQ	5	-
Base	Brita corrida	20	82%
Sub-base	Póde pedra	20	26,70%
Reforço do subleito	Selec. CBR>10	60	3%
Subleito	Terraplenagem	-	-

Fonte: Correia, 2014.

Correia (2014), também fez um comparativo de custos entre o pavimento convencional e o pavimento com RCC conforme apresentado na Tabela 7:

**Tabela 7.** Comparativo entre convencional e RCC

<b>Material</b>	<b>Brita corrida</b>	<b>Pó de pedra</b>	<b>Transporte</b>	<b>Total</b>
Convencional	R\$ 104.870,90	R\$ 99.717,39	R\$ 56.206,89	R\$ 260.795,18
RCD	R\$ 63.860,00	R\$ 63.860,00	R\$ 12.040,37	R\$ 139.760,37
Diferença	R\$ 41.010,90	R\$ 35.857,39	R\$ 44.166,52	R\$ 121.034,81
RCD/Convencional	60,90%	64,00%	21,40%	53,60%

Fonte: Correia, 2014

Comparando os valores finais, pode-se observar que a diferença de custo final é significativa, sugerindo que a pavimentação com RCC é mais vantajosa que a pavimentação convencional. Como o fator econômico é muito importante para a viabilização dos projetos, o uso de RCC na pavimentação deveria ser mais recorrente tanto para uma redução no custo, quanto para um menor dano causado ao meio ambiente por causa dos RCC.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os aspectos apresentados baseados no referencial teórico analisado, fica evidente a importância de um gerenciamento adequado dos RCC. Como o setor de construção civil é um setor dinâmico, com ações ininterruptas ao longo dos anos, a geração de RCC só tende a aumentar com o incremento populacional. O mal gerenciamento desses resíduos pode acarretar vários impactos ao meio ambiente como poluição visual, poluição do solo, ar, degradação do espaço público, entre outros impactos.

A discrepância dos dados sobre o gerenciamento dos RCC no Brasil é preocupante e merece uma atenção maior nas ações práticas sobre o quesito gerenciamento, tanto para se ter dados mais fidedignos e atualizados, assim como dados quantitativos mais próximos da realidade de geração do país. Os dados nos remetem a uma possível falha no gerenciamento, apesar desta afirmação necessitar de maior investigação para ser validada.

Como vimos o RCC reciclado pode ser utilizado como agregado em fabricação de concreto, camadas de drenagem, estruturas pré-moldadas, em camadas de pavimentação, entre outras. Outros pontos interessantes da reciclagem do RCC é a demanda de recursos naturais e o volume final de RCC

aterrado que reduziriam de forma significativa. O uso de RCC na pavimentação é sugerido como uma alternativa sustentável, com custo-benefício satisfatório no quesito operacional. Como a questão financeira pesa bastante na decisão de algumas obras, o uso do RCC reciclado em pavimentação mostra-se uma solução econômica interessante e que deveria ser mais aproveitada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Daniel Pedroso de. **Solução do projeto de pavimento rígido – Estudo de caso:** corredor de ônibus do binário das ruas Dr. João Colin e Blumenau – Joneville/SC. Trabalho de Conclusão de Curso – UFSC. Joenville. SC. 2015.

ALMEIDA, J.; ROSA, F.D.; PANDOLFO, A.; BERTICELLI, R.; BRUM, E.M.; MARTINS, M.S. **Estudo de viabilidade econômica do uso de agregado de RCD em pavimentação de vias urbanas.** Revista de Engenharia Civil. 2018.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2010.** ABRELPE. São Paulo. SP. 2010.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2011.** ABRELPE. São Paulo. SP. 2011.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2012.** ABRELPE. São Paulo. SP. 2012.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2013.** ABRELPE. São Paulo. SP. 2013.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014.** ABRELPE. São Paulo. SP. 2014.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015.** ABRELPE. São Paulo. SP. 2015.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016.** ABRELPE. São Paulo. SP. 2016.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017**. ABRELPE. São Paulo. SP. 2017.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti de; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. Petrobras: ABEDA. Rio de Janeiro. 2006.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: tentativa de definição**. Jornal do Brasil. 2012.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Manual de pavimentos rígidos: 2005**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de pavimentos rígidos. 2.ed. - Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. **Manual de pavimentação: 2006**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de pavimentação. 3.ed. – Rio de Janeiro, 2006.

BRASILEIRO, L.L.; MATOS, J.M.E.. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. UFPI. Teresinha – Piauí. 2015.

CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra; MOREIRA, Kelvya Maria de Vasconcelos. **Manual sobre os resíduos sólidos da construção civil**. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Ceará. Fortaleza, Ceará. 2011.

CARDOSO, Afrodite da Conceição Fabiana; GALATTO, Sérgio Luciano; GUADAGNIN, Mario Ricardo. **Estimativa de geração de resíduos da construção civil e estudo de viabilidade de usina de triagem e reciclagem**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais. Março de 2014.

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução CONAMA Nº 307**. Brasil. Julho de 2002.

CORREIA, Rodrigo da Silva. **Estudo de viabilidade econômica para o uso de resíduos de construção e demolição em camadas de base e sub-base de pavimentos**. UFRJ. Rio de Janeiro. 2014.

FRAGA, Marcel Faria. **Panorama da geração de resíduos da construção civil em Belo Horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras**. Dissertação de Mestrado. UFMG. Belo Horizonte. Minas Gerais. 2006.

FRIGO, Juliana Pires; SILVEIRA, Djalma Silva da. **Educação ambiental e construção civil: práticas de gestão de resíduos em Foz do Iguaçu-PR**. UFSM. 2012.

GUEDES, Gilberto Gomes; FERNANDES, Mônica. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil no Distrito Federal**. Distrito Federal. 2012.

HOTERGAL, Mylane Viana; FERREIRA, Thiago Coelho; SANT'ANA, Walter Canales. **Utilização de agregados resíduos sólidos da construção civil para pavimentação em São Luís – MA.** Pesquisa em Foco. São Luís. MA. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico: Manejo de resíduos sólidos.** IBGE. 2008.

LIMA, Adriana Sampaio; CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. **Caracterização e classificação dos resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza (CE).** Fortaleza – Ceará. 2012.

MARQUES, Gabriel Born. **Análise do pavimento flexível: estudo de um trecho crítico na rodovia ERS-241.** Trabalho de conclusão de curso. UNIVATES. Lajeado. Junho de 2014.

MEZZOMO, Henrique. **Análise comparativa entre um pavimento de concreto simples e um flexível para duplicação da rodovia BR-386/RS.** UNIVATES. Lajeado. 2014.

Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2010.** Ministério das Cidades. Brasília. Junho de 2012.

Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2011.** Ministério das Cidades. Brasília. Junho de 2013.

Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2012.** Ministério das Cidades. Brasília. Maio de 2014.

Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2013.** Ministério das Cidades. Brasília. Fevereiro de 2015.

Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2014.** Ministério das Cidades. Brasília. Fevereiro de 2016.

Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2015.** Ministério das Cidades. Brasília. Março de 2017.

Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2016.** Ministério das Cidades. Brasília. Março de 2018.

Ministério do Desenvolvimento Regional – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017.** Ministério das Cidades. Brasília. Maio de 2019.

MORAND, Fernanda Guerra. **Estudo das principais aplicações de resíduos de obra como materiais de construção.** UFRJ. Rio de Janeiro. 2016.

MOTTA, Rosângela dos Santos. **Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego.** Dissertação de Mestrado – USP. São Paulo – SP. 2005.

POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS). **Lei Federal Nº 12.305.** 02 de Agosto de 2010. Brasília, 2010.

RESENDE, Luiz Henrique Siqueira. **Análise da gestão de resíduos sólidos de construção civil de Belo Horizonte (MG) a partir da percepção dos atores envolvidos.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. UFMG. Belo Horizonte, Minas Gerais. 2016.

RIBEIRO, Fabrício. **Estudo de aplicação do agregado reciclado na base de um pavimento flexível.** Dissertação de Mestrado – UFG. Goiânia - Goiás. 2006.

RODRIGUES, Isabel Nader; LEONARDELLI, Pavlova Perizzollo. **A influência da densidade populacional no desenvolvimento sustentável.** XXII Encontro Nacional CONPEDI/UNICURITIBA. UNICURITIBA. Curitiba – PR. 2013.

SÃO PAULO, Sindicato de Construção de São Paulo. **Resíduos da construção civil e o estado de São Paulo.** Governo do Estado de São Paulo – Secretaria do Meio Ambiente. SindusCon – SP. São Paulo. SP. 2012.

SILVA, Luzilene Souza; NOGUEIRA, Marlos Henrique Pires; LIMA, Gleisy Kelly Moreira; BATISTA, Núbia Jane da Silva; NASCIMENTO, Franci Rose. **Análise comparativa entre as técnicas construtivas de pavimentação empregadas no sistema Bus Rapid Transit (BRT) – Belém – PA versus Fortaleza – CE.** Revista de Ciência e Tecnologia – RCT. UFRR. Belém – PA. 2018.

SILVA, Otavio Henrique da; UMADA, Murilo Keith; POLASTRI, Paula; NETO, Generoso de Angelis; ANGELIS, Bruno Luiz Domingos de; MIOTTO, José Luiz. **Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil.** Maringá – PR. 2015.