



## A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS CLASSE A NA PAVIMENTAÇÃO

Brenda Izabela Simões Oliveira

Graduando em Engenharia Civil – Centro Universitário do Norte – UNINORTE

Departamento de Ciências Exatas, Manaus – Amazonas

brenda\_izabella@hotmail.com

Prof<sup>ª</sup>. Eng<sup>ª</sup>. Bruna Barbosa Matuti, Especialista

Orientadora do Centro Universitário do Norte – UNINORTE

bruhmatuti@outlook.com

**Resumo:** A quantidade abundante de resíduo classe A gerados nos canteiros de obras, de uma maneira geral, ainda que se constitui - se de um grande problema ambiental que precisa ter grandes planos alternativos de uma solução sustentável. Dentre as soluções que tem se proposto, uma das formas de aproveitamento dos resíduos classe A consiste na substituição em pavimentos de vias urbanas, das camadas de materiais naturais, como a brita graduada, por resíduo classe A. Este trabalho é uma revisão bibliográfica, onde foram analisados artigos entre eles bibliográficos e experimentais, e de acordo com eles entende-se que é possível a utilização dos agregados de resíduo classe A á execução de pavimentos flexíveis, abrindo possibilidades para o desenvolvimento sustentável na área da pavimentação. Segundo a revisão bibliográfica, os agregados reciclados se enquadram nos parâmetros de resistência utilizados em uma rodovia de matéria prima natural, dadas suas propriedades físicas e mecânicas satisfatórias.

**Palavras-chave:** resíduo classe A, utilização, pavimentação, sustentável.

**Abstract:** The abundant amount of residue class A generated on construction sites, in General, even if it is a major environmental problem that needs to have big plans for a sustainable solution. One of the solutions that have been proposed, one of the ways of recovery of waste class consists in replacing in urban roads pavements, layers of natural materials, such as gravel, residue class A graduated, this work is a review Bibliography, where articles were analyzed between bibliographic and experimental, and they agree with them means that it is possible to use waste aggregates class A to implementation of flexible pavements, opening possibilities for the sustainable development in the area of the flooring. According to the literature review, the recycled aggregates fall in strength parameters used in a highway of natural raw materials, given their satisfactory physical and mechanical properties.

**Key-words:** residue class A, use, paving, sustainable.

## 1. INTRODUÇÃO

A reutilização de resíduos originizados da construção civil vem ganhando cada vez mais um papel fundamental para o desenvolvimento sustentável não somente do setor da construção civil, mas também em relação a questões ambientais e econômicas não somente do Brasil, mas sim do mundo. A sua reutilização está sendo relacionada diretamente à redução dos impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado e, também a diminuição do consumo de matéria-prima de origem natural. Como exemplo a reciclagem de resíduos de construção e demolição, conhecida como RCD, tem-se a utilização em camadas de base e sub-base no pavimento de estradas (BAGATINI, 2011).

O desenvolvimento de técnicas e métodos para a viabilização da sustentabilidade das atividades do dia-a-dia nos canteiros de obras está se tornando uma tendência mundial para a mitigação de problemas ambientais causados pelos descartes inadequados. A prática da reciclagem está sendo uma das alternativas das indústrias da construção civil, sendo a forma mais eficaz para o baixo impacto ambiental, assim como redução dos custos com a criação

de outros novos produtos com a mesma matéria prima garantindo o reaproveitamento do material ou mesmo apenas reutilizando-os. Alguns benefícios podem ser identificados, como: redução do consumo da matéria prima in natura; de áreas necessárias para aterros sanitários; do volume de resíduos sólidos; da poluição dos entulhos nos canteiros de obras, dentre outros espaços principalmente às margens dos cursos d'água presentes no perímetro urbano da cidade de Manaus. Desta forma, por exemplo, os restos cerâmicos quando triturados, possuindo suas características de areia grossa ou mesmo como agregados graúdos são conduzidos para inúmeras finalidades nos processos produtivos no ramo da construção civil, principalmente para uso na base de pavimentações (JEANE MOTA, 2014).

A possibilidade do reaproveitamento, da reciclagem dos resíduos gerados nos canteiros de obras traz inúmeros benefícios não só à sociedade como ao meio ambiente. Dos benefícios ambientais, quanto à proteção do solo e dos cursos d'água. As questões ambientais e a escassez dos recursos naturais estão diretamente ligadas ao desenvolvimento econômico do país e Manaus está dentre as capitais com maior índice de crescimento no ramo da construção civil, segundo Sr. Eduardo Jorge de Oliveira Lopes, engenheiro civil, presidente do Sindicato da indústria da Construção Civil do Estado do Amazonas.

Com base nessa contextualização, o objetivo do presente trabalho é a verificação do comportamento de resíduos na base e sub-base da pavimentação em trechos experimentais. Para tanto, será realizada a substituição do volume de brita graduada das camadas de base e sub-base do pavimento das vias por resíduos recicláveis de Classe A.

Conforme a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) n. 307, de 5 de julho de 2002, que estabelece as diretrizes e critérios para a gestão de resíduos da construção civil, são exemplos de resíduos de Classe A: os tijolos, blocos estruturais e componentes cerâmicos (BRASIL, 2002).

Segundo Mota (2014), a utilização de resíduo classe A na pavimentação é a forma mais fácil e antiga de reciclagem no Brasil. Tem a utilização do entulho como material para a preparação de base, sub-base e revestimento primário de pavimentos, sendo feita na forma de brita corrida ou ainda misturas do resíduo com o solo. Suas vantagens são: Menor utilização de tecnologias e custo de

processo; Utilização de todos os componentes minerais do entulho (tijolo, argamassa, areia, pedras, cerâmicas, etc.); maior utilização do entulho produzido: Estrutura de concreto e formas de acabamento na construção de alvenaria; Maior utilização do entulho produzido.

## **2. METODOLOGIA**

A síntese deste trabalho foi desenvolvida através de levantamentos de informações científicas e expostas na forma de revisão de literária, porém como critério de inclusão foi usado na língua portuguesa. As fontes bibliográficas utilizadas nessa revisão foram obtidas da base de dado Google Acadêmico, Periódicos Capes e Scielo, correspondendo ao período de 1999-2018.

As palavras chaves usadas foram: “Resíduos Classe A”, “Reutilização”, “Sustentável” e “Pavimentação”. O levantamento bibliográfico, foi realizado buscando estudos publicados sobre a resíduos classe A na pavimentação. Sendo assim, como objetivo principal estudar a influência da adição dos resíduos classe A na pavimentação. Como critério de exclusão utilizou-se frequência de mesmos trabalhos em determinadas bases de dados, publicações em congressos, artigos, teses.

O critério de inclusão foi adicionado as seguintes palavras resíduos classe A, reutilização e pavimentação para selecionar artigos específicos além das palavras já utilizadas anteriormente. E também o intuito de estudar o Impactos Negativos Causados Pela Geração de resíduos classe A e enfatizar as vantagens do uso de resíduos classe A na melhoria tanto da obra quanto a natureza.

### **2.1. Resíduos da Construção Civil**

“Resíduos de construção e demolição são resíduos sólidos não contaminados, provenientes da construção, reforma, reparos e demolição de estruturas e estradas, e resíduos sólidos não contaminados de vegetação, resultantes da limpeza e escavação de solos. Como resíduos, incluem-se, mas não se limitam, blocos, concreto e outros materiais de alvenaria, solo, rocha,

madeira, forros, argamassa, gesso, encanamentos, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos que não camuflam outros resíduos, fiação elétrica e equipamentos que não contenham líquidos perigosos e metais que estiverem num dos itens acima.” Regulamentações de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Estado de Nova York, 6NYCRR, part. 360 (BIOCYCLE,1990).

O gerenciamento dos resíduos sólidos de construção nos canteiros de obras de pequeno, médio e grande portes, é indispensável para que haja qualidade na gestão ambiental dos centros urbanos. Os resíduos, popularmente chamados de “entulho”, requerem uma gestão adequada para que se possa reduzir custos sociais, financeiros e ambientais. Os “entulhos” são as sobras das construções e demolições, e devem ser gerenciados do projeto à sua destinação final, para que impactos ambientais sejam evitados ou amenizados (MATTOS, 2013).

Segundo pesquisadores como Hendriks (2000) e Pinto (1999), estudos demonstram que 40% a 70% da massa dos resíduos urbanos são gerados em canteiros de obras. Infelizmente, cerca de 50% do entulho gerado são dispostos irregularmente na maioria dos centros urbanos brasileiros de médio e grande porte.

Com a aprovação da Resolução 307 do Conama de 05/07/2002 que dispõe sobre o gerenciamento de resíduos de construção e demolição, aos poucos se percebe um avanço na busca da minimização dos impactos causados pelos resíduos sólidos gerados em canteiros de obras. De acordo com a Resolução 307, os geradores de resíduos são responsáveis pela gestão dos resíduos, certificando-se de que sejam quantificados, armazenados, transportados e encaminhados para locais onde possam ser aproveitados ou depositados corretamente (COMANA, 2002).

Um dos motivos desses fatos apresentados demonstra que há a falta de uma parte fundamental do processo de diminuição e reciclagem dos resíduos descartados pelas grandes construtoras, que é a falta de fiscalização do poder público. Essa falta influencia diretamente no processo, na qual devem-se estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a correta gestão do descarte dos resíduos, ainda mais que a construção civil é um dos setores que mais produz lixos sólidos no Brasil (OLIVEIRA, 2014).

No que diz respeito ao resíduo classe A encontrado tanto no processo de fabricação, como na execução de obras na indústria da construção civil, as leis encontradas que regulamentam sobre a disposição final desejada acabam sendo de certa forma muito exigentes sobre o padrão de qualidade satisfatório (GONÇALVES, 2001). Segundo Toaldo (1993), certos países de primeiro escalão no qual as leis e normas acabam sendo muito rígidas citando assim o exemplo do Japão, onde deve haver sempre um programa que inclua dentro o cronograma e orçamento uma disposição final adequada para os resíduos gerados.

Deve-se levar em consideração que no ramo da construção civil a utilização de matérias primas para a confecção de um empreendimento, tem origem em grandes atividades de extração em jazidas sendo elas de areia, argila ou material pétreo, na qual requer um cuidado ambiental uma vez que os impactos são notáveis e as retiradas descontroladas em longo prazo, implicando em escassez do material procurado, assim a utilização de um método renovável para se aprofundar além de se tornar sustentável podendo elevar a qualidade do seu empreendimento, pode-se relevar mais barato do que os métodos convencionais (HOOD, 2006).

A necessidade de se conhecer os resíduos envolvidos durante o processo, assim como aqueles provenientes de materiais de demolição levou a uma pesquisa aprofundada como em países de primeiro mundo, com isso é possível identificar na comunidade europeia, o valor estimado fica em torno de 170 milhões de toneladas/ano e com isso fornece dados percentuais, que pode ser explicado de acordo com o gráfico a seguir mostrando a participação do concreto com 41%, sendo os tijolos e blocos responsáveis por 40%, os materiais asfálticos correspondem 12%, já os materiais cerâmicos ficam com 7% do total (VAN ACKER, 1996).

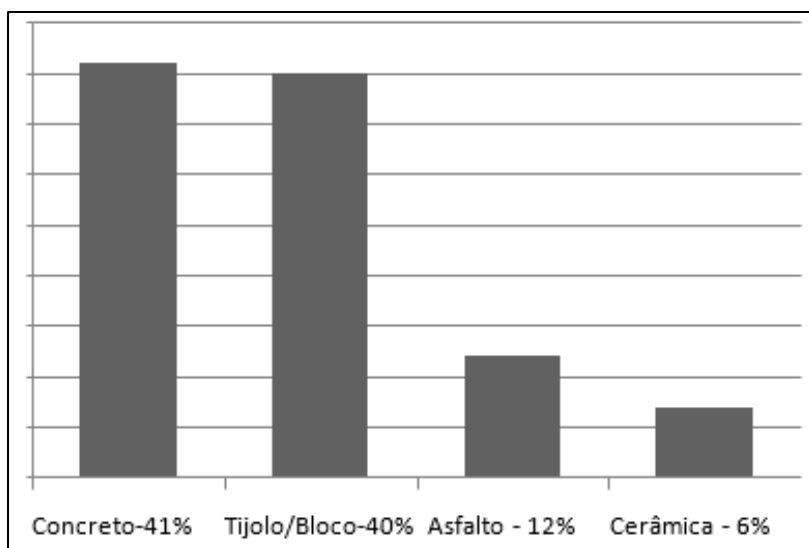


Figura 1: Porcentagem dos resíduos da construção civil na comunidade europeia. Fonte: VAN ACKER, 1996.

Assim de acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) os devidos resíduos são enquadrados em classes, que estão explicadas na NBR 10004 (2004):

- Resíduos Classe I – Perigosos;
- Resíduos Classe II – Não perigosos;
- Resíduos Classe II A – Não inertes;
- Resíduos Classe II B – Inertes.

Portanto, Pinto (1999) tentando identificar um melhor entendimento sobre a origem da construção estipulou que no Brasil a quantidade de RCD que é gerado proveniente da atividade de manutenção e reforma, assim como as de demolição são responsáveis por uma margem que varia de 42 a 80%.

No Brasil os resíduos de construção e demolição podem ser classificados em 4 grupos, tendo em conta a origem e o tipo de resíduo. Esta classificação está de acordo com a resolução nº 307/2002 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), no Brasil. A Figura 2 diz respeito à classificação referida.

Classificação	O que são?	Exemplos
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis na própria obra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tijolo</li> <li>• concreto</li> <li>• argamassa</li> </ul>
	<b>Destinação</b> Esses resíduos podem ser aproveitados no próprio canteiro de obras, mas se isso não acontecer, devem ser encaminhados para usinas de reciclagem ou aterros específicos para resíduos da construção civil, que permitem sua reutilização ou reciclagem no futuro.	
Classe B	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis em outros setores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• plástico</li> <li>• papel</li> <li>• metais</li> <li>• vidros</li> </ul> <i>Curiosidade:</i> com o fortalecimento das técnicas de construção seca, como o <i>drywall</i> , o gesso, antes considerado na classe C, passou a ser classificado aqui na classe B.
	<b>Destinação</b> Com a separação adequada desses resíduos da construção civil, em recipientes identificados, como caçambas, o material pode ser destinado a cooperativas de reciclagem ou áreas de transbordo e triagem (ATT). As <b>ATIs</b> são estabelecimentos privados destinados ao recebimento de Resíduos da Construção Civil (RCC) e resíduos volumosos gerados e coletados por agentes privados, para eventual transformação e posterior remoção e adequada disposição.	
Classe C	Resíduos da construção civil para os quais não foram desenvolvidas tecnologias viáveis que permitam sua reciclagem. Para os materiais que geram resíduos desta classe, evitar o desperdício é palavra de ordem!	<ul style="list-style-type: none"> <li>• isopor</li> <li>• massa corrida</li> <li>• massa de vidro</li> </ul>
	<b>Destinação</b> Esses resíduos devem ser armazenados de forma separada dos demais, e enviados para áreas de transbordo e triagem (ATT) ou para aterros sanitários preparados para seu recebimento.	
Classe D	Resíduos perigosos que causam risco à saúde humana e ao meio ambiente, podendo ser tóxicos, explosivos, inflamáveis ou capazes de transmitir doenças.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tintas</li> <li>• solventes</li> <li>• ferramentas</li> </ul>
	<b>Destinação</b> Esses resíduos da construção civil também devem ser enviados para áreas de transbordo e triagem (ATT) ou para aterros industriais licenciados para receber esse tipo de produto.	

Figura 2: Classificação de RCD de acordo com CONAMA 2002. Fonte: CONAMA (2002), 2004.

Segundo a Resolução CONAMA 307 Art. 3º, os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma, resíduo classe A, são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.



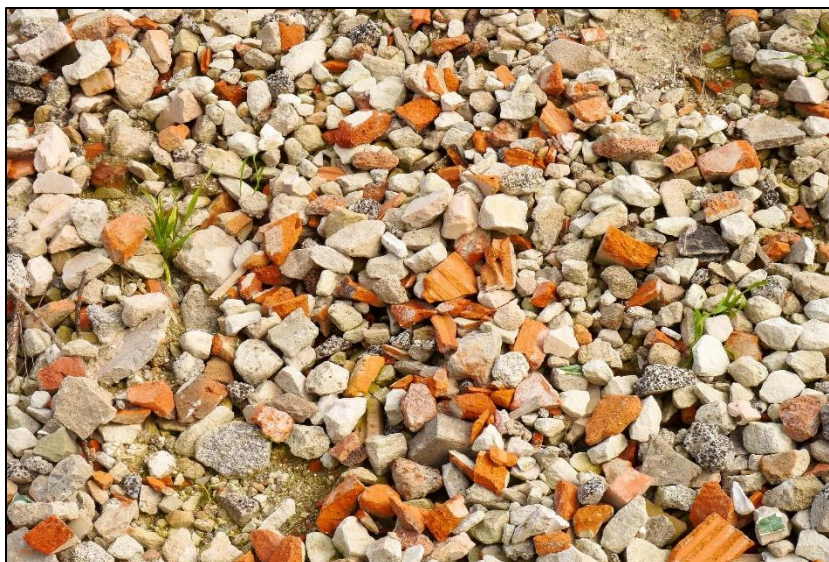


Figura 3: Exemplo de Resíduos da Construção Civil pertencentes à Classe A, ou seja, de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem. Fonte: Portal Resíduos Sólidos, 2015.

Segundo Morais (2006) e as normas brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas, resíduo classe A são classificados como material ambientalmente inerte, ou seja, quando sujeitos a experiências de solubilização não exibem qualquer composto solubilizado com concentração acima do valor padrão, não alterando a potabilidade da água. Morais (2006), diz também que os resíduos da “Classe C” e “Classe D” da classificação elaborada no CONAMA (2002), podem conter contaminantes que não se apresentam na classe de inertes, nomeadamente, o gesso, amianto, tintas, solventes e óleos, de acordo com as normas NBR 10004, 10005 e 10006.

Os resíduos classe A representam, em média, 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos (PINTO, 1999; JOHN, 2000), tanto no Brasil como em outros países. As disposições irregulares e os aterros clandestinos, ocasionados pela falta de gerenciamento, tornaram-se uma realidade no território nacional. Em 2002, com a aprovação da resolução 307, ficaram estabelecidos critérios e procedimentos para a gestão de resíduo classe A no Brasil (CONAMA, 2002).

A Origem dos resíduos classe A Referente aos processos construtivos fica claro que os resíduos acabam sendo gerados devido a vários ciclos na construção, como (AGOPYAN et al., 1998): Processo de construção, Processo de manutenção e reformas e Fase de demolição de edifícios.

De acordo com a fase de construção da obra citam-se as perdas que de certa forma é decorrente dos processos construtivos, podendo identificar nessa fase que a maioria das determinadas perdas acaba sendo incorporadas nas fases seguintes como é o caso de concretos ou até mesmo argamassas de revestimento (AGOPYAN et al.1998). Outro método que resulta em perdas e resíduos provenientes da construção civil é citado por John (2000), dizendo que as perdas através de manutenção ficam claras em casos de correção de atividades patológicas no final da vida útil de uma estrutura, muito encontrado também em casos de reformas e atividades que buscam uma mudança, visando assim à modernização da edificação que neste caso é inevitável a pratica de demolição do empreendimento.

Na etapa da demolição da construção os resíduos são provenientes de problemas que se estime um longo período, portanto a redução dos materiais desse processo acaba sendo um pouco difícil prever, uma vez que a vida útil de um empreendimento pode depender de vários fatores como processos químicos, físicos ou forças mecânicas, porem de certa forma esta fase acaba sendo inesperada, uma vez que os estudos que avaliem a durabilidade das edificações são pouco estudados (AGOPYAN et al., 1998).

De acordo com o estudo, os agentes geradores dos RCD foram classificados em três tipos: agente formal de construção: empresas legalizadas, responsáveis pela geração de grandes volumes ( $> 3 \text{ m}^3$ ); agente informal de grande reforma: pessoas que realizam ampliação ou reformas em residências já legalizadas e que geram grandes volumes ( $> 3 \text{ m}^3$ ) e agente informal de pequena reforma: pessoas que realizam ampliação ou reformas em residências já legalizadas e que geram pequenos volumes ( $< 3 \text{ m}^3$ ) (SERGIO CIRELLI ANGULO, 2011).

A falta de qualidade dos bens e serviços, podendo isto dar origem às perdas de materiais, que saem das obras na forma de entulho. A urbanização desordenada que faz com que as construções passem por adaptações e modificações gerando mais resíduos. O aumento do poder aquisitivo da população e as facilidades econômicas que impulsionam o desenvolvimento de novas construções e reformas. Estruturas de concreto mal concebidas que ocasionam a redução de sua vida útil e necessitam de manutenção corretiva, gerando grandes volumes de resíduos. Desastres naturais, como avalanches,

terremotos e tsunamis. Desastres provocados pelo homem, como guerras e bombardeios (LEITE, 2011).

### **2.1.1. Resíduos Classe A no Brasil**

Segundo dados do IBGE (2000), apenas 8,2% dos municípios brasileiros fazem coleta seletiva e 71% do lixo coletado é depositado a céu aberto sem nenhum tratamento ou controle. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os Municípios terão de se adaptar à Política de Resíduos Sólidos que proíbe os lixões e o descarte de resíduos que possam ser reciclados ou reutilizados.

Parece absurdo, mas o brasileiro produz, em média, meia tonelada de resíduos de construção civil ao ano. De acordo com a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2015), o Brasil joga fora oito bilhões de reais ao ano porque não recicla seus produtos. Para termos ideia, os números indicam que 60% do lixo sólido das cidades vêm da construção civil e 70% desse total poderia ser reutilizado. Os números em questão aparecem quando são somadas reformas pequenas de casa e construções de grande porte. No Brasil, ainda não temos o costume de aproveitar as sobras das construções, o que acaba indo parar nas ruas e entupindo os bueiros, contribuindo para enchentes e poluição nos rios.

Nagalli (2014, p. 66) observa “que essa quantidade de resíduos está associada ao sistema construtivo brasileiro que adota estruturas em concreto e revestimentos assentados sobre argamassa de cimento”. O mesmo autor destaca que países da Europa e os Estados Unidos, que utilizam sistemas construtivos diferentes dos empregados no Brasil, geram resíduos bem distintos dos que são gerados nas obras brasileiras. Para esses países a quantidade gerada de resíduos de concreto e argamassa é muito menor, em contrapartida há o aumento de resíduos de outros tipos, como aço, madeira e gesso (ABRECON, 2015).

No Brasil, as primeiras pesquisas científicas envolvendo o uso de agregados reciclados de resíduos de construção civil (RCD) foram realizadas por Pinto (1986) em argamassas, Bodi (1997) em pavimentos, Levy (1997) em argamassas e Zordan (1997) em concretos. As primeiras usinas de reciclagem

instaladas foram pelas Prefeituras de São Paulo, SP (1991), de Londrina, PR (1993), e de Belo Horizonte, MG (1994). Em 1999, foi confirmada por Pinto (1999) a relevância do tema, apontando que o RCD pode corresponder a mais de 50% da massa dos resíduos sólidos municipais. Quanto à origem dos resíduos nos municípios brasileiros, destacam-se como predominantes as reformas, ampliações e demolições, em conformidade com os dados extraídos de Pinto e Gonzales (2005).

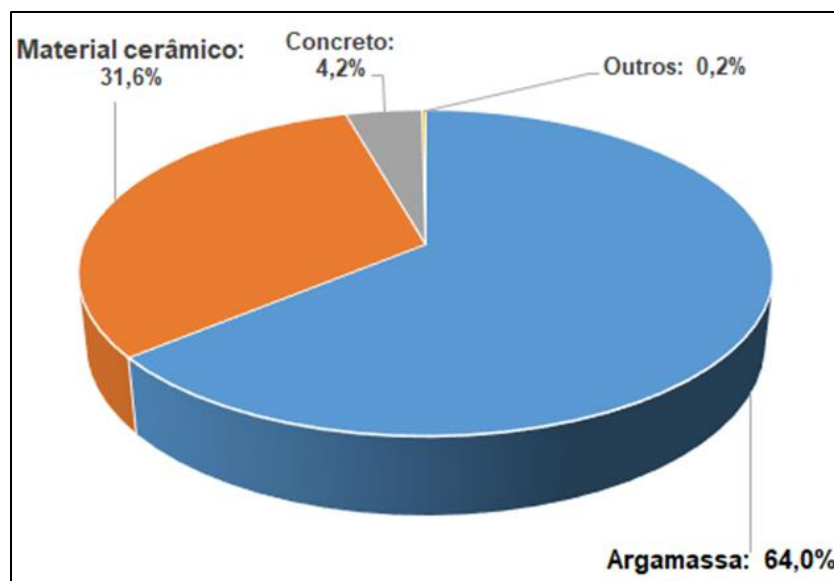


Figura 4: composição média de RCD no Brasil. Fonte: DOMTOTAL, 2018.

### **2.1.2. Resíduos Classe A em Manaus**

A região amazônica é formada geologicamente por camadas de sedimentos quaternários e terciários não consolidados, cuja superfície é composta por materiais finos, caracterizados como areia, silte e argila. Deste modo, não há disponibilidade suficiente de material pétreo nas principais cidades da região que possibilite seu emprego no setor da construção civil, principalmente na produção do concreto. Além disso, as principais capitais vêm apresentando um nível de crescimento econômico elevado, traduzindo-se em um ritmo acelerado de novas obras com conseqüente geração de resíduos de construção (TAVEIRA, 2010).

O sistema de coleta, transporte e disposição de resíduo classe A na cidade de Manaus, com área de 11.458,50 km<sup>2</sup> é realizado por empresas particulares, por meio de caminhões com caçamba aberta para efetuar o

transporte até o local de disposição final do material coletado. Estas são cadastradas pelo Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) como prestadoras de serviços. O destino final único é o aterro controlado, situado na rodovia AM-010, km 19, administrado pela Prefeitura Municipal, através da Secretaria Municipal de Limpeza Pública (DEMULP), que recebe cerca de 2400 t/dia (Ribas, 2008). Além disso, foi detectada apenas uma única usina de reciclagem na cidade de Manaus, que foi criada em 1998 por uma empresa do ramo da construção civil.

Atualmente, Manaus experimenta um momento de muita transformação em virtude do crescimento da cidade no sentido horizontal e vertical, bem como o aumento da quantidade de automóveis em circulação, obrigando uma adequação no sistema viário com abertura de novas calhas de trânsito rápido de escoamento para os bairros. Com efeito, houve necessidade de grandes indenizações de edificações gerando um volume considerado de RCD que poderia ser processado em usina de reciclagem para utilização no próprio processo produtivo em vez de ser destinado ao aterro sanitário. Outro grande fato é o projeto do governo do estado denominado Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus - PROSAMIM, que visa retirar todas as famílias das áreas de risco próximo aos igarapés para saneamento, urbanização e construção de moradia padrão para às famílias que habitavam na região, gerando um grande volume de RCD os quais foram destinados ao aterro sanitário. Verifica-se que todo esse volume de resíduo poderia ser incorporado ao processo produtivo através de reciclagem, somado ao grande volume gerado pelo processo produtivo das novas edificações em especial as construções verticais e condomínios que se alastra na cidade. Justifica-se a necessidade de uma usina beneficiadora para gerar renda as pessoas e minimizar as questões ambientais no entorno da cidade de Manaus (CARDOSO, 2010).

Independente do uso que a ele for dado, representa vantagens econômicas, uma vez que há economia na aquisição de matéria-prima, devido à substituição de materiais convencionais, pelo material reciclado. A produção de agregados com base no resíduo pode gerar economias de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais (SILVA, BUENO e CAMOLEIS, 2015).

## 2.2. Impactos Negativos Causados Pela Geração de Resíduo Classe A

Os impactos negativos da construção civil vão desde o consumo dos recursos naturais e modificação da paisagem, até a geração de resíduos. Esses impactos comprometem não só o equilíbrio do meio ambiente, mas também os princípios sanitários das cidades.

A indústria da construção civil tem posição de grande destaque na economia brasileira, e possui grande parcela do PIB – Produto Interno Bruto, empregando um número expressivo de trabalhadores. Está entre as atividades que mais causam impacto ambiental, sendo o maior gerador de resíduos em toda a sociedade. Estima-se que a construção civil gere resíduos da ordem de 2 a 3 bilhões de toneladas ao ano, que seja responsável por 50% da geração de CO<sub>2</sub> e que consuma entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pelo homem, percentual este que varia de acordo com cada região do país, sendo maior nas mais desenvolvidas e mais próximas a regiões metropolitanas e grandes centros urbanos (FIEB, 2006).

A construção civil é tida como uma das atividades mais importantes para o desenvolvimento econômico e social, no entanto tem se mostrado como expressiva geradora de impactos ambientais, seja pelo alto consumo de recursos naturais, pela alteração da paisagem natural ou pela grande geração de resíduos. O grande desafio desse setor é alcançar o equilíbrio entre a atividade produtiva da construção civil e um desenvolvimento sustentável consciente e que gere menos agressão ao meio ambiente. (PINTO, 2005 apud KARPINSKI et al., 2009).

Indicadores mostram que entre 50 e 70% da geração de resíduos sólidos urbanos tem origem nos resíduos de construção e demolição. Grande parte deste resíduo é oriunda do setor informal da construção civil, como pequenas reformas, ampliações, etc. Estima-se que somente 1/3 do entulho gerado seja originário do setor formal da construção civil. Fatores como o grande crescimento populacional visto nas últimas décadas, o desenvolvimento dos países emergentes e a utilização de tecnologias inadequadas têm contribuído para que esta situação se torne cada vez mais grave. (NETO, 2005; FIEB, 2006).

De acordo com Pinto (2000 apud Karpinski et al., 2009, p. 22) “os principais impactos sanitários e ambientais relacionados aos resíduos de construção e demolição são aqueles associados às deposições irregulares”.

A Resolução CONAMA nº 001 (1986) define 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 (CONAMA, 1986).

O uso inadequado de resíduos classe A compromete a paisagem do local; o tráfego de pedestres e de veículos; provoca o assoreamento de rios, córregos e lagos; o entupimento da drenagem urbana, acarretando em enchentes; além de servirem de pretexto para o depósito irregular de outros resíduos não-inertes, propiciando o aparecimento e a multiplicação de vetores de doenças, arriscando a saúde da população vizinha.

### **2.3. Legislação Pertinente**

Há um conjunto de políticas de leis e políticas públicas, contribuindo para minimizar o impacto ambiental. Dentre elas o PBPQ-H-Programa Brasileiro de Produtividade e Qualidade do Habitat, Lei Federal nº 9605 de 12 de fevereiro de 1998 – Dos Crimes Ambientais, e legislações municipais referentes à Resolução do CONAMA. No Brasil, a legislação pertinente aos RCD ainda é pouco expressiva se comparada às vigentes nos Estados Unidos, na Europa e mesmo na Ásia (SCHNEIDER et al., 2003). No entanto, a resolução nº 307 de 05 de julho de 2002, do CONAMA, vem a ser um marco neste sentido, pois regulamenta definições nos aspectos que tangem os RCD, atribui responsabilidades aos geradores, transportadores e gestores públicos, estabelecendo ainda, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil, assim como as ações necessárias à minimização dos impactos ambientais (SANTOS 2007).

Em 2004, foram publicadas as primeiras normas nacionais relacionadas aos RCD, contidos na classe A, de classificação dada pela Resolução 307 do CONAMA. As especificações da ABNT são:

- NBR 10004/04 – Resíduos Sólidos – Classificação;
- NBR 8419 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos;
- NBR 8849 – Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos;
- NBR 10007/04 – Amostragem de resíduos sólidos;
- NBR 12235 – Armazenamento de resíduos sólidos perigosos;
- NBR 11175 – Incineração de resíduos sólidos perigosos – Padrões de desempenho;
- NBR 13463 – Coleta de resíduos sólidos;
- NBR 13894 – Tratamento de solo (landfarming) – Procedimento;
- NBR 15112 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15113 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15114 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Área de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15115 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos;
- NBR 15116 – Agregados reciclados de resíduos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. (JUNIOR, 2005.).



## **2.4. Vantagens e Desvantagens da Utilização do Resíduo Classe A**

### **2.4.1. Vantagens da utilização de resíduo classe A**

#### 2.4.1.1. Sustentabilidade

Para a obra, o primeiro e evidente benefício da reciclagem de resíduos na construção civil está atrelado à sustentabilidade. Esse processo garante que os resíduos sejam destinados corretamente após a construção e que, portanto, não sejam colocados em aterros clandestinos (sem tratamento). Assim, evita-se que os materiais sejam dispostos no meio ambiente causando problemas, como o assoreamento de rios e enchentes. Além disso, reutilizar pode ser fundamental para diminuir os impactos ambientais causados durante os processos de fabricação dos materiais, uma vez que reduzirá a necessidade de compras de mais matéria-prima (EQUILOC, 2017).

#### 2.4.1.2. Saúde

O acúmulo de entulhos em despejos irregulares pode trazer doenças para a comunidade local. Os aterros irregulares de resíduos construtivos acabam atraindo animais como ratos, baratas e moscas e podem funcionar como berço reprodutor para mosquitos que transmitem doenças aos humanos (EQUILOC, 2017).

#### 2.4.1.3. Economia

A reciclagem de alguns resíduos, como vimos, pode transformá-los em materiais úteis à própria obra. Os agregados reciclados, por exemplo, podem ser utilizados para revestimento ou na argamassa de assentamento, implicando em um ganho financeiro na redução da compra de mais materiais. //Além disso, o descarte de resíduos também é um gerador de custo para o empreendimento. Reciclar e reutilizar os materiais diminui este custo de descarte, trazendo mais economia ao negócio (EQUILOC, 2017).

#### 2.4.1.4. Imagem corporativa

Todos os fatores citados acima são essenciais para agregar valores à imagem corporativa da empresa. Atualmente, o mercado tem exigido que as empresas busquem o máximo de qualidade para os produtos que oferecem, mas que, sobretudo, minimizem os impactos causados durante os processos de produção. Algumas organizações internacionais certificam as construções que se preocupam com a destinação correta dos resíduos gerados durante o processo construtivo e isso tem se tornado uma excelente ferramenta de promoção do empreendimento (EQUILOC, 2017).

#### 2.4.1.5. Geração de novos postos de trabalho

Como uma nova atividade a ser executada na construção, a reciclagem poderá funcionar como uma forma de gerar outros postos de trabalhos na empresa. A geração de empregos e funções poderá influenciar positivamente na relação entre a construtora e a comunidade ou com as instituições governamentais, agregando ainda mais valores ao empreendimento. Fica fácil visualizar os benefícios que a reciclagem na construção civil pode trazer para as construtoras. É uma alternativa que associará diversos valores ao negócio, tornando-o mais atrativo aos olhares de cliente dos séculos XXI (EQUILOC, 2017).

#### **2.4.2. Desvantagens da Utilização do Resíduos Classe A**

Eventualmente dentre inúmeras vantagens da reciclagem dos resíduos de construção e demolição, esse processo ainda apresenta algumas desvantagens, principalmente pela falta de incentivo e pesquisas feitas nessa área, no Brasil. A variabilidade das 66 propriedades físicas de determinadas espécies minerais (por exemplo, partículas de cerâmica), a composição heterogênea do material e a falta de conhecimento, por parte das construtoras, da correta utilização dos agregados reciclados, acaba dificultando seu emprego da produção de novos materiais. Serviços (gás, água, telefone e etc.) perto da

superfície podem ser interrompidos. Buracos escavados devem ser menos profundos e selados antes do início do processo (EQUILOC, 2017).

Alguns materiais podem não ser perigosos no local, mas, tornam-se perigosos dependendo do destino. Por exemplo, algumas madeiras tratadas ou revestidas podem emanar fumos tóxicos quando incinerada, por outro lado a madeira não tratada quando reciclada pode diminuir o valor do agregado, aplicando-se o mesmo a vários plásticos e têxteis. O gesso quando colocado em aterro pode libertar sulfureto de hidrogénio, um gás ácido, este material quando reciclado pode diminuir a qualidade do agregado. (SYMONDS GROUP LTD, 1990). A Tabela 1, explica de forma sucinta os tipos de perigos associados aos RCD.

Fluxos de Resíduos	Exemplos
Alguns fluxos de RCD são perigosos pois o material originalmente utilizado contém uma elevada proporção de materiais que são perigosos.	Amianto, chumbo, alcatrões, tinta e resíduos conservantes, adesivos, agentes ligantes e zelantes e certos plásticos.
Alguns materiais tornam-se perigosos como resultado direto do ambiente em que existem á vários anos.	Fabrica onde reações à superfície entre os materiais de construção originalmente não perigosos e químicos existentes no ar (ou água) poluído associado com processos perto ou dentro da fábrica, resulta na alteração desses materiais para perigosos, e requerendo especial manuseamento e tratamento.
Alguns fluxos de RCD tornam-se perigosos se materiais perigosos são colocados nestes e/ou subsequentemente misturados com estes.	Exemplo clássico das tintas com base de chumbo numa pilha de tijolos e betão, tornando tudo o material perigoso.

Tabela 1: Tipos de perigos associados ao RCD. Fonte: Symonds group Ltd, 1990.

## **2.5. Aplicabilidade de Agregados Reciclados em Misturas Asfálticas a Quente**

Na pavimentação do tipo concreto asfáltico mais de 90% em peso do total da mistura corresponde a agregados de várias granulometrias. Como freio à crescente exploração de jazidas para extração de agregados naturais

juntamente com a redução de áreas destinadas a aterros e à ampliação de técnicas de reciclagem de resíduos sólidos, diversos pesquisadores têm aplicado agregados reciclados na pavimentação asfáltica, com a finalidade de impulsionar o seu retorno à cadeia da construção civil.

Zhu, Wu e Wang (2012) citam em seu trabalho misturas asfálticas produzidas a partir de agregados reciclados de concreto (Mills-Beale e You, 2010; Paravithana e Mohajerani, 2006; Wong, Sun e Lai, 2007), agregados reciclados de tijolos (Khalaf, 2004), agregados reciclados de vidro (West, Page e Murphy, 1993), agregados de materiais de construção recuperados (Shen e Du, 2004; Shen e Du, 2005), agregados de resíduos da construção e demolição (RCD) (Aljassar, Al-Fadala e Ali, 2005; Pérez, Pasandín e Medina, 2011) e agregados provenientes de resíduos de material decorativo de quartzo (Rubio et al., 2010).

Zhu, Wu e Wang (2012) estudaram as propriedades do concreto asfáltico produzido com agregados reciclados provenientes de edificações danificadas pelo Terremoto Wenchuan (China). Che, Lin e Wu (2011) utilizaram o resíduo de concreto como agregado miúdo e material de enchimento (<1,8mm) nas misturas asfálticas, mantendo os agregados graúdos naturais. Mills-Beale e You (2010) estudaram as propriedades mecânicas do concreto asfáltico no qual utilizaram o agregado reciclado de concreto em substituição ao agregado natural nas proporções de 25, 35, 50 e 75% em peso. Já Su e Chen (2002) em sua pesquisa, utilizaram agregado reciclado de vidro em substituição ao agregado natural nas proporções 0, 5, 10 e 15% em peso e, Akbulut e Gurer 50 (2007) utilizaram agregado proveniente de resíduo de mármore para a produção de concreto asfáltico, ambos os resultados comprovam a viabilidade técnica das misturas.

Uma pesquisa realizada em 2012 na Espanha por Pérez, Pasandín e Medina utilizou agregado reciclado de RCD em substituição ao agregado graúdo no concreto asfáltico. Os pesquisadores substituíram 20, 40 e 60% do agregado graúdo natural pelo reciclado. Segundo eles, existe uma larga aplicação do agregado reciclado de RCD em camadas de base e sub-base e apenas um pequeno número de investigações tem lidado com este agregado em misturas asfálticas a quente.

No Brasil, Frota, Menta e Nunes (2003) substituíram o seixo (agregado graúdo) da mistura asfáltica por agregados reciclados produzidos na cidade de

Manaus (AM). Realizaram três misturas, sendo uma com seixo e outras duas com agregado reciclado em diferentes proporções (50 e 60%), incluindo em todos os casos areia e também cimento Portland como filler. Notaram que as misturas com agregado reciclado necessitam de uma maior quantidade de ligante, o que já era esperado, pois estes materiais apresentaram maior porosidade que os convencionais. O teor ótimo de ligante para a mistura apenas com seixo foi de 5,5%, enquanto para as outras misturas contendo agregado reciclado foi de 6,4 e 6,5%, respectivamente, para as misturas com 50 e 60%. Os autores concluíram que as misturas contendo agregado reciclado são tecnicamente viáveis, porém refletem um maior custo pelo maior consumo de ligante.

Um artigo apresentado por Ron et al. (2008) na 15ª Reunião de Pavimentação Urbana, em Salvador, consiste em utilizar o RCD reciclado como agregado alternativo em misturas asfálticas, comparando suas características mecânicas e físicas com misturas confeccionadas com agregado convencional. Concluíram que os agregados reciclados estudados apresentam boas características, atendendo às especificações das normas na maioria dos aspectos, porém 51 o teor ótimo de ligante da mistura também foi bastante elevado (7,6%), quando comparado com misturas que utilizam agregados convencionais, acarretando em custos maiores.

Outra pesquisa brasileira, de Silva (2009), realizou quatro projetos de mistura à quente contendo agregados de RCD, nas quais utilizou dois tipos de CAP, 30/45 e 50/70 e duas faixas granulométricas “B” e “C” do DNIT, para fins de comparação. Realizou ensaios de caracterização dos agregados e dosagem do concreto asfáltico baseada na metodologia Marshall. Concluiu que, em virtude das suas propriedades físicas e mecânicas, associados aos ligantes, o RCD é adequado para substituir os agregados naturais em camadas betuminosas de vias urbanas de tráfego leve.

## ***2.6. Benefício da Utilização de Agregado na Pavimentação***

Nas duas últimas décadas tem sido confirmada a viabilidade do uso dos RCD após sua reciclagem, nas camadas de base, sub-base e reforço de subleito para pavimentos (POON e CHAN, 2006). O estímulo para o desenvolvimento de

técnicas para a reciclagem de RCC como material pavimentação vem dos altos custos e elevada demanda de materiais naturais. Nos EUA, o agregado reciclado apresenta, em média, custo inferior em torno de 30% se comparado com a brita graduada simples (BGS). Esta economia tem incentivado órgãos e construtoras a substituir o material natural pelo reciclado (BLANKENAGEL e GUTHRIE, 2006). Em função da variabilidade na composição, os agregados reciclados de resíduo sólido da construção civil possuem particularidades de comportamento em relação aos materiais convencionais naturais empregados na pavimentação (MOTTA e FERNANDES, 2003).

As características físicas dos agregados reciclados são muito diferentes dos agregados naturais. Por exemplo, sua porosidade é alta, o que resulta em altas porcentagens de absorção de água (ZORDAN, 2003). Portanto, ao utilizar na pavimentação materiais produzidos por usinas recicladoras, vários aspectos complementares de projeto e execução devem ser analisados. Como o material não é fornecido com uma característica constante pode ser necessárias modificações de projeto durante a execução, ressaltando a importância de um controle tecnológico bem feito, principalmente quando se trata de material reciclado (BENNERT et al., 2000).

A durabilidade do agregado reciclado ao longo da vida útil do pavimento é um assunto que gera muitos questionamentos conforme demonstrou as pesquisas de NATAATMADJA e TAN (2001). Por isso, muitos órgãos que regulamentam o uso deste material em pavimentação não permitem ou estabelecem restrições sobre o uso em camadas de base. Para projetar e empregar o agregado reciclado é muito importante conhecer as especificações e normas existentes, procurando respeitar sempre as recomendações e limites estabelecidos (BENNERT et al., 2000; BLANKENAGEL e GUTHRIE, 2006).

### ***2.7. Reciclagem de Pavimentos Asfálticos***

A reciclagem do revestimento asfáltico pode ter duas finalidades distintas: aplicação como novo concreto asfáltico ou aplicação como material granular de base ou sub-base. A aplicação como componente da camada asfáltica pode se dar com utilização de usina fixa ou através de máquinas recicladoras móveis, conforme mostrado a seguir:

- a) Reciclagem a quente em usina: a reciclagem a quente visa a reciclagem de RAP para utilização como concreto asfáltico. No processo, parte ou totalidade da camada asfáltica é fresada e o material coletado é levado à usina de mistura à quente. Na usina, o RAP é misturado a novos agregados e ao betume aquecido. O processo ocorre de forma similar à produção de Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ);
- b) Reciclagem a quente in situ: o objetivo desse tipo de reciclagem é o mesmo da reciclagem a quente em usina, porém a atividade ocorre toda in loco. O processo consiste no aquecimento do pavimento através da emissão de raios infravermelhos, seguido de escarificação de parte ou totalidade da camada asfáltica. O material é então misturado a novos agregados e betume aquecido e, por fim, aplicado sem a necessidade de se destinar a uma usina de mistura.

Já a reciclagem do revestimento asfáltico para aplicação como camada granular é o objeto de estudo deste trabalho e, portanto, será dada mais ênfase à sua caracterização. Nesse caso, não é necessário realizar o aquecimento do material, sendo denominada reciclagem a frio. Seu processamento pode se dar in situ ou em usina assim como a reciclagem a quente. O RAP pode ser aplicado puro ou pode ser feita adição de agregados virgens na composição da camada. A FHWA recomenda utilização de no máximo 30% de RAP para garantir boa performance mecânica da camada reciclada. Ainda de acordo com o órgão americano, pesquisas feitas com material reciclado obtiveram resultados de California Bearing Ratio (CBR) bem acima do requerido para base e sub-base de pavimento, comprovando a eficácia da reciclagem a frio. Quanto à adição de aditivos na mistura, como asfalto espumado, emulsão asfáltica ou cimento, a necessidade de incorporação dependerá do projeto, não sendo, portanto, um item obrigatório. Outra característica da reciclagem do pavimento para uso como camada granular é a possibilidade de se utilizar não apenas a camada de concreto asfáltico, mas também parte da camada de base. O método de reciclagem no qual se faz esse aproveitamento é denominado Full Depth Reclamation (FDR). Após a reciclagem a frio, é recomendável a execução de uma camada superficial de concreto asfáltico para proteção da camada reciclada (CALTRANS, 2006).

### 3. RESULTADOS

Este tópico apresenta as análises e os resultados obtidos dos tópicos anteriores. Além disso, os resultados são originalizados de outros estudos no intuito de corroborar com os julgamentos feitos a respeito do comportamento de RCD na pavimentação. Destacam-se aqui a apresentação e análise dos resultados de artigos e trabalhos acadêmicos.

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) é o resíduo mais utilizado na pavimentação. Entre as razões para sua vasta utilização podemos citar:

- Grande quantidade de material disponível em virtude do processo de manutenção e revitalização das rodovias e ruas pavimentadas com asfalto;
- Facilidade e economia gerada pelas máquinas recicladoras que permitem todo o processo de reciclagem in situ;
- Boa resposta mecânica da camada reciclada desde que bem dimensionada;
- Necessidade de se destinar o resíduo de maneira sustentável.

Os agregados reciclados de resíduos de construção e demolição vêm sendo empregados frequentemente em camadas de pavimentos, desde pequenas percentagens até a substituição total dos materiais. Tanto no Brasil, como em vários países, tecnologias de gerenciamento e testes experimentais, contendo informações a respeito dos procedimentos executivos e de seu desempenho, vem ganhando espaço nas discussões ambientalmente corretas a respeito da reutilização de materiais.

Su e Chen (2002) em sua pesquisa, utilizaram agregado reciclado de vidro em substituição ao agregado natural nas proporções 0, 5, 10 e 15% em peso e, Akbulut e Gurer 50 (2007) utilizaram agregado proveniente de resíduo de mármore para a produção de concreto asfáltico, ambos os resultados comprovam a viabilidade técnica das misturas. Outra pesquisa brasileira, de Silva (2009), realizou quatro projetos de mistura à quente contendo agregados de RCD, nas quais utilizou dois tipos de CAP, 30/45 e 50/70 e duas faixas granulométricas “B” e “C” do DNIT, para fins de comparação. Realizou ensaios de caracterização dos agregados e dosagem do concreto asfáltico baseada na metodologia Marshall. Concluiu que, em virtude das suas propriedades físicas e



mecânicas, associados aos ligantes, o RCD é adequado para substituir os agregados naturais em camadas betuminosas de vias urbanas de tráfego leve.

#### **4. DISCUSSÕES**

A composição dos resíduos de construção é dependente das características específicas de cada região, como técnicas construtivas e matérias primas disponíveis. No Brasil, a maior parte desses resíduos é composta por materiais inertes e recicláveis, como restos de argamassas, concretos, agregados pétreos e materiais cerâmicos. Para Grubba, D. C. R. P, (2009) a reciclagem dos resíduos de construção e demolição, além de amenizar os impactos gerados por sua deposição sobre o meio ambiente, permite que uma quantidade significativa de materiais possa ser reutilizada de forma racional, transformando um produto, antes descartado, em uma matéria prima de qualidade.

Já Ricci, G. et al, (2002) diz que o uso de agregados reciclados de RCD vem se ampliando, com casos mais recentes de aplicações dos materiais em camadas não tratadas de pavimentos. Beja, I. A, (2017) diz que no Brasil, o quantitativo de resíduos de construção está cerca de 68,5 milhões de toneladas/ano. Tendo em vista que boa parte destes resíduos é destinada a aterro de inertes, os valores para deposição final crescem com a falha de área para tal prática, aumentando a necessidade de reuso para o equilíbrio econômico e sustentável.

Bagatini, F, (2016). diz que como uma solução de destinação final, estes materiais descartados podem ser incorporados aos agregados utilizados nas camadas de base e sub-base na pavimentação de estradas, devendo obrigatoriamente passar por um prévio processo de seleção, com o objetivo de não haver mistura de materiais considerados de qualidade inferior que possam interferir na vida útil e no perfeito funcionamento do pavimento. Quadros, G. M. de et al, (2012). diz que a correta aplicação desses resíduos traz benefícios em todos os âmbitos, tendo em vista que além de dar uma destinação final adequada aos resíduos, também a pavimentação uma qualidade superior a convencional. Por tanto, é preciso desenvolver pesquisas para aplicar esses resíduos de forma mais adequada, buscando o melhor custo-benefício e também o traço adequado.

## 5. CONCLUSÃO

Portanto, foram encontradas através do artigo de revisão bibliográfica a necessidade e a urgência da reutilização do resíduo de construção e demolição frente ao seu elevado potencial na produção de agregados reciclados, reduzindo o seu acúmulo em áreas clandestinas de bota-fora e em áreas regularizadas de aterro sanitário, pois o seu elevado percentual no total dos resíduos sólidos urbanos ocupa grandes áreas para deposição final.

Neste estudo, foi possível analisar ainda que não seja muito comum no Brasil o uso de recicladoras na homogeneização do solo, mas a técnica traz ganhos na terraplanagem com o uso, principalmente na execução de melhorias no subleito e nas camadas estruturais de base de uma rodovia.

Além de desempenharem uma mistura e homogeneização de qualidade, permitem a redução do número de equipamentos na obra, além de diminuição no transporte de materiais, rapidez na execução e, por consequência, maior produtividade.

De acordo com esta pesquisa, o agregado reciclado citado pode apresentar resultados e características satisfatórias, de acordo com as especificações da NBR 15115, podendo ser utilizado em camadas de pavimentos. Além disso, o uso do agregado reciclado em pavimentação deve ser incentivado, pois seu preço é inferior ao de materiais convencionais, proporcionando uma destinação adequada para o grande volume de resíduo de construção e demolição gerado e também contribui reduzindo problemas ambientais presentes e futuros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\_\_\_\_. NBR 15115: **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_. NBR 15116: **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2004.

BERNUCCI, L. L. B. ; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira ; SOARES, Jorge Barbosa . **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2a Edição. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Brasília. 2002. **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002**. Disponível em. Acesso em: 22 de setembro 2014.

BAGATINI, F. **Resíduos de construção civil: Aproveitamento como base e sub-base na pavimentação de vias urbanas**. Porto Alegre - 2016.

HOOD, S. R. D. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. Engenharia. Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil. (2006)

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

MOTA, J. **A DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM MANAUS: DO CANTEIRO DE OBRAS AO DESTINO FINAL**. Universidade federal do Pará 2014.

MOTTA, L. M. G.; FERNANDES, C. **Utilização de resíduo sólido da construção civil em pavimentação urbana**. In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO URBANA, 12. Aracaju, 2003. Anais. Rio de Janeiro: ABPv, 2003.

TRICHÊS, G; KRYCKYJ, P. R. **Aproveitamento de entulho da construção civil na pavimentação urbana**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

GEOTECNIA AMBIENTAL, 4. São José dos Campos, 1999. Anais. São Paulo: ABMS, 1999. P.259-265.

VAN ACKER, A . (1996). **Recycling of concrete at precast concrete plant. **BIBM. Paris. p.55-67, juillet.****