

CARACTERIZAÇÃO DE RCD PARA BASE DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

CHARACTERIZATION OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE FOR FLEXIBLE PAVEMENT BASES

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA BASES DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Michel Haddad¹
Dener Martins dos Santos²

RESUMO: Uma gestão eficiente no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) se apresenta como um desafio na gestão de grandes cidades. Dentre os resíduos sólidos urbanos (RSU), os resíduos de construção e demolição (RCD) apresentam um grande destaque devido ao seu grande volume e aos potenciais danos ao meio ambiente que estes podem vir a causar. O reaproveitamento destes resíduos contribui para minimizar seus impactos nocivos no meio ambiente. Os resíduos sólidos provenientes da construção civil quando beneficiados adequadamente apresentam grande potencial de reaproveitamento pois diminuem os custos operacionais convencionais, além de viabilizar projetos de interesse social. Este trabalho verificou a viabilidade da utilização dos RCD como fonte para obtenção de agregado miúdo para execução de camadas de pavimentação flexível. Foram coletadas amostras deste resíduo, foi feito seu beneficiamento e foi desenvolvido o ensaio para obtenção do Índice de Suporte Califórnia e da Expansão, precedido pelo Método de Proctor (Compactação). Os resultados mostraram que o agregado miúdo obtido por RCD atingiu os parâmetros mínimos previstos na norma para sua utilização para executar algumas camadas de pavimentação flexível, minimizando o impacto ambiental de seu descarte. Tanto os resultados de umidade quanto o de expansão demonstraram que o agregado miúdo utilizado nos experimentos forneceu valores compatíveis para, possivelmente, serem empregados como recurso a adição no preparo de materiais para a pavimentação. A reciclagem de RCD demonstrou ser um campo para realizações de outras pesquisas para caracterizar o amplo aspecto de utilização destes resíduos tanto em pavimentação como em outras áreas pois possui tanto influência econômica quanto social.

Palavras chave: resíduos. Reaproveitamento. meio ambiente.

¹ Doutor em Engenharia Mecânica Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) Resende, Rio de Janeiro, Brasil.

² Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Materiais Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil.

ABSTRACT: Efficient management of municipal solid waste (MSW) presents a challenge in the management of large cities. Among municipal solid waste (MSW), construction and demolition waste (CDW) stands out due to its large volume and the potential environmental damage it can cause. Reusing this waste helps minimize its harmful environmental impacts. When properly processed, solid waste from the construction industry offers significant potential for reuse, as it reduces conventional operating costs and enables projects of social interest. This work verified the feasibility of using CDW as a source for obtaining fine aggregate for use in the base of flexible pavement. Samples of this waste were collected, processed, and a test was developed to obtain the California Bearing Ratio and Expansion, preceded by the Proctor Method (Compaction). The results showed that the fine aggregate obtained from C&D waste met the minimum parameters stipulated in the standard for its use in constructing some layers of flexible pavement, minimizing the environmental impact of its disposal. Both the moisture and expansion results demonstrated that the fine aggregate used in the experiments yielded values compatible with potential use as an additive in the preparation of paving materials. The recycling of construction and demolition waste (CDW) has proven to be a fertile ground for further research aimed at characterizing the wide range of applications for these materials in paving as well as other sectors given their significant economic and social impact.

Keywords: waste. Recycling. environment

RESUMEN: La gestión eficiente de los residuos sólidos urbanos (RSU) representa un desafío para la administración de las grandes ciudades. Entre los RSU, los residuos de construcción y demolición (RCD) destacan por su gran volumen y el potencial daño ambiental que pueden causar. La reutilización de estos residuos ayuda a minimizar sus impactos ambientales negativos. Cuando se procesan adecuadamente, los residuos sólidos de la industria de la construcción ofrecen un potencial significativo de reutilización, ya que reducen los costos operativos convencionales y hacen posibles proyectos de interés social. Este trabajo verificó la viabilidad de utilizar RCD como fuente para obtener agregado fino para su uso en la base de pavimentos flexibles. Se recolectaron y procesaron muestras de estos residuos, y se desarrolló una prueba para obtener el Índice de Soporte de California y Expansión, precedida por el Método Proctor (Compactación). Los resultados mostraron que el agregado fino obtenido de los residuos de construcción y demolición cumplía con los parámetros mínimos estipulados en la norma para su uso en la construcción de algunas capas de pavimento flexible, minimizando así el impacto ambiental de su disposición final. Tanto los resultados de humedad como los de expansión demostraron que el agregado fino utilizado en los experimentos arrojó valores compatibles con su posible uso como aditivo en la preparación de materiales para pavimentación.

Palabras clave: residuos. Reciclaje. medio ambiente

I INTRODUÇÃO

Segundo Veiga (2007) uma das atividades da sociedade de maior impacto ambiental é a construção civil. Ela causa alterações muito significativas no meio ambiente desde a ocupação

de terrenos, extração de matérias-primas, produção de insumos, transporte, construção, até o seu uso na demolição. Diante desse panorama há grande geração de resíduos em todas as etapas do processo construtivo.

Segundo Pinto (1999), os resíduos da construção civil no Brasil variam de 41% a 70% da massa total de resíduos sólidos produzidos nos centros urbanos de médio e grande porte. Portanto, diante de uma estimativa tão significativa, o volume de resíduos sólidos gerados na construção civil requer destinação adequada. Dados atualizados indicaram que no Brasil em termos quantitativos se gerou de 45 a 100 milhões de toneladas de resíduos de construção junto com aqueles oriundos de demolição, (Geraldo Filho; Erbs, Romano et al., 2022).

Conforme Flesch (2004), os resíduos de construção e demolição (RCD), são resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras, bem como os resíduos resultantes de escavações e preparação de terrenos para implantação de casas, prédios e outros tipos de edificações.

Os RCD apresentam características bastantes particulares e se destacam por serem um dos resíduos mais heterogêneos pelo fato de ser originado em um setor que aplica um grande número de métodos construtivos, bem como a variedade em função da localização geográfica, do perfil das atividades econômicas, da densidade demográfica, do tipo e fase da obra, entre outros fatores.

3

A Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA-2002) se encontra em vigor, onde estabelece que os municípios devem dar um correto destino aos RCD, impedindo o descarte em locais não licenciados. Também dispõe que o RCD do tipo A, formado basicamente por restos de concreto, argamassa, cerâmica vermelha e rochas, sejam reciclados e utilizados como agregados ou depositados em locais previamente licenciados, para uma futura reciclagem. Formas alternativas de substituição dos agregados naturais por agregados oriundos de RCD estão sendo regularmente utilizadas, visto que ele serve de matéria-prima de qualidade, tendo potencial de ser utilizado num leque de variedades de processos construtivos.

O objetivo geral deste trabalho foi realizar pesquisa bibliográfica e experimental para demonstrar as características físicas de agregado miúdo obtido pelo reaproveitamento de RCD de construção civil para execução em camadas de pavimento flexível, conforme diretrizes da NBR 15115.

Os objetivos específicos foram:

- Coletar, beneficiar e separar os resíduos que se classificam como agregado miúdo;
- Aplicar o Método de Proctor (Compactação);
- Realizar o ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) e de Expansão;
- Verificar os resultados e a viabilidade de utilização deste agregado proveniente de RCD para execução de camadas para pavimentação flexível conforme diretrizes da NBR 15115;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O setor da construção civil gera grande quantidade de resíduos sólidos, e essa geração causa uma série de danos ambientais quando descartadas fora das normas ambientais. Esses resíduos sólidos quando beneficiados adequadamente apresentam grande potencial de reaproveitamento como agregado reciclado em concretos, como por exemplo. Obsta-se que processos produtivos, impulsionados pela tecnologia, carecem cada vez mais de matéria-prima. A reciclagem não somente acrescenta novos materiais ao mercado, mas também gera benefícios adicionais, pois diminuem os custos operacionais convencionais, além de viabilizar projetos de interesse social, (Santos, Torres, Lima et. al; 2016).

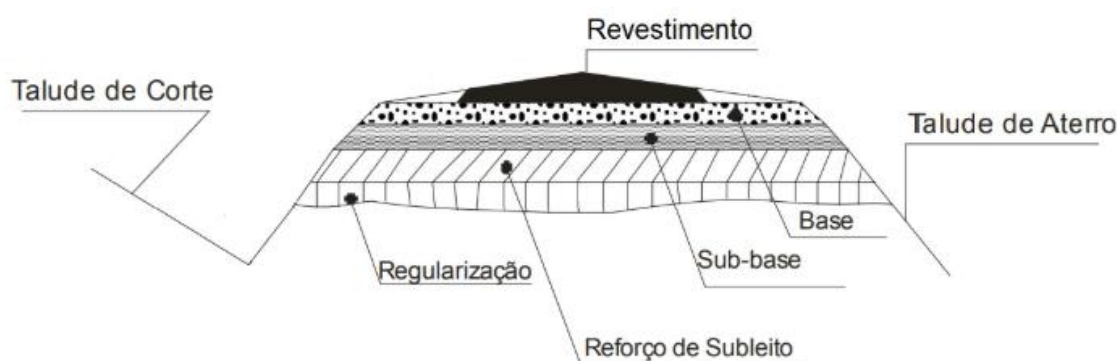
De acordo com o anuário da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRADECON, 2020) a região Sudeste é responsável pela maior geração (41,9%) seguido do Nordeste (27,3%), Sul (14,2%), Norte (8,8%) e Centro-Oeste (7,8%). Somente considerarmos somente o estado de São Paulo, este contribuiu com 21,8% do total gerado nessa época. De acordo com a Sistema Federação das Indústrias do Paraná (FIEPR, 2019) dos 98% dos resíduos gerados pelas construções são plenamente reversíveis, contudo, apenas 21% são recicladas. As grandes obras realizadas por grandes construtoras têm políticas de sustentabilidade e são fiscalizados pelos órgãos públicos. Os grandes empreendimentos não são os maiores geradores de resíduos. Entretanto aproximadamente 50% das obras civis no Brasil são irregulares, essas obras produzem entre 60 a 70% dos resíduos da construção civil que têm grande probabilidade de serem descartados de maneira incorreta.

O uso de RCD's na pavimentação teve início em larga escala a partir do final da Segunda Guerra Mundial na Europa. A utilização dos RCD's na pavimentação ocorreu devido à escassez de materiais normalmente utilizados e à grande quantidade de construções devastadas em ruínas após o final da guerra. No Brasil as primeiras pesquisas acadêmicas começaram na década de 1980 e as usinas de reciclagem começaram a surgir na década de 1990.

Após a respectiva separação por classes de interesse ao uso na pavimentação; estes são triturados para se tornarem insumos neste processo. De acordo com a norma DNIT (2006) o pavimento consiste na união equilibrada de materiais com propriedades específicas que formam um agregado mecânico complexo com a finalidade de suportar carregamentos oriundos do tráfego de veículos automotores de modo a suportar elevadas tensões e deformações.

Pavimento flexível de uma rodovia é a superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, 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. (DNIT/IPR-2006). As camadas são designadas por revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e regularização, conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – Camadas do pavimento flexível.



Fonte: Viana (2019).

De acordo com Pereira, Amorim e Freitas Neto (2022) a maior parte das pesquisas a respeito da utilização de resíduos da construção civil em pavimentação asfáltica demonstraram boa eficiência e desempenho das misturas produzidas com RCD para as diferentes camadas do pavimento. Outro aspecto positivo inclui a redução dos impactos ambientais, a economia de custos e a promoção de uma economia circular mais sustentável (Azevedo, Oliveira, Silva et al; 2024). Em contrapartida os aspectos negativos da inserção dos RCD tornam-se mais perceptíveis na diminuição da resistência à fadiga; aumento de porosidade o que faz a necessidade de se aumentar a quantidade de cimento asfáltico para diminuí-la.

A Resolução 307, de 05 de julho de 2002, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), descreve os RCD conforme adiante destacado:

“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, concretos em geral, solos, 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, caliças ou metralha”.

2.1 Classificação do RCD

Conforme diretrizes da resolução do CONAMA nº 307/2002 Art 3º, com alterações da resolução nº 348/2004, Resíduos de Construção e Demolição (RCD) são classificados conforme o quadro nº 01.

Quadro1: Classificação dos resíduos da construção civil, de acordo com a resolução CONAMA.

Classe	Descrição
A	São os resíduos mais apropriados a reciclagem e reutilização: • 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; • c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio etc.) produzidas nos canteiros de obras;
B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (Redação dada pela Resolução nº 469/2015).
C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (Redação dada pela Resolução nº 431/11).
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. (Redação dada pela Resolução nº 348/04).

6

Fonte: Adaptação da Resolução CONAMA nº 307/2002.

Daltro Filho et al. (2006) realizaram pesquisa de classificação dos RCC, de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002. Determinaram a sua porcentagem em peso do material utilizado durante a construção de uma obra, e é apresentado no quadro 2.

Quadro 2 – Classificação dos RCC gerados em canteiro de obras

Classificação	Componente	(%)	% da classe
A	Argamassa	29,20	63,55
	Concreto	0,64	
	Cerâmicos	12,77	
	Pedra	4,40	
	Brita	0,24	
	Solo/Areia	15,74	
	Mármore	0,56	
B	Papelão	0,67	5,08
	Papel	1,07	
	Plástico	0,58	
	Vidro	0,03	
	Madeira	2,63	
	Metal	0,10	
C	Gesso	8,07	29,25
	Restos	21,18	
D	Latas de tinta e derivados	0,09	2,12
	Restos de telhas de cimento amianto	2,03	
TOTAL		100,00	100

Fonte: Daltro Filho et al. (2006).

Constata-se que os resíduos enquadrados na classe A compuseram a maioria com 63,5% gerado durante a obra e que são os mais apropriados à reciclagem e reutilização.

Barros e Fucale (2016) utilizaram o agregado miúdo reciclado para produção de concreto, em comparação com o agregado natural. Os resultados mostraram que, embora o material reciclado seja mais heterogêneo que o natural, a produção de concreto com o agregado reciclado evidenciou uma resistência à compressão axial (33,3%), e uma resistência à compressão diametral (18,1%) superiores, em relação ao concreto convencional.

Leite (2001) analisou o desempenho do concreto elaborado com diferentes proporções de agregado graúdo e miúdo desse tipo de resíduo, em comparação com os agregados naturais. Constatou-se que a utilização do agregado reciclado constitui uma alternativa viável para a produção de concreto, levando-se em conta suas propriedades e características como resistência à pressão, à tração, bem como à tração na flexão, fatores que aumentam a vida útil do concreto.

Silveira et al. (2016) analisou 3 amostras onde o RCD foi utilizado como agregado miúdo nas seguintes proporções: a 1ª com 100% de solo, a 2ª com 70% de solo + 30% de RCC e a 3ª com 50% de solo + 50% de RCC. Após a realização dos ensaios de ISC e da expansão, concluíram que a 2ª amostra poderia ser utilizada em camada de subleito e a 3ª amostra em sub-base de pavimento.

Santos et al. (2015) analisou duas misturas com o RCD, sendo: a 1ª com 44% de solo + 56% de agregado reciclado e a 2ª com 17% de solo + 83% de agregado reciclado. Também analisou o agregado reciclado puro e o solo. Seus resultados demonstraram que as misturas 1 e 2 poderiam

ser utilizadas como sub-base e o agregado reciclado puro poderia ser utilizado como camada de base de pavimento. Os autores, enfatizam que a estrutura de pavimento que foi proposta geraria uma redução de 8,8% no custo financeiro da construção.

3 METODOLOGIA

Os métodos mais utilizados para ensaios de resíduos sólidos da construção civil (RCC) no Brasil seguem as diretrizes da ABNT NBR 10.004 e da Resolução CONAMA n. 307.

O ensaio de compactação Proctor consiste na aplicação de uma energia controlada sobre uma amostra de solo. O objetivo desse ensaio mecânico é simular as condições de campo e determinar os parâmetros ideais de compactação como o nível ideal de umidade e a densidade seca máxima.

No desenvolvimento dessa pesquisa exploratória utilizou-se o Método de Compactação Proctor, e os ensaios de Índice de Suporte Califórnia (ISC) –Califórnia Bearing Ratio (CBR) e o de Expansão.

Os ensaios foram desenvolvidos em amostras de resíduo sólido de construção e demolição (RCD), após o seu beneficiamento.

Esta pesquisa foi executada em quatro (4) fases, a saber:

Fase I: Realização da coleta do RCD.

Fase II: Execução da trituração, peneiramento e a separação do material reciclado correspondente ao agregado miúdo.

Fase III: Envio do material ao laboratório de uma empresa situada no município de Resende/RJ para realização do método de Proctor (Compactação) e dos ensaios de Índice de Suporte Califórnia (ISC) –Califórnia Bearing Ratio (CBR) e o de Expansão.

Fase IV: Verificação se os resultados dos ensaios atingiram os índices mínimos recomendados pela norma para execução de camadas de pavimentação flexível.

3.1 Coleta dos Materiais

Foram coletadas amostras de materiais produzidas em um canteiro de construção civil, localizado na cidade de Resende/RJ. Na sequência, esse material foi triturado.

3.2 Peneiramento

O peneiramento foi realizado seguindo a NBR 7181, e foi separado o material correspondente ao agregado miúdo, com a porcentagem que passa na peneira 0,42 mm (nº 40) que ficou entre 10% e 40%.

3.3 Método de Proctor (Compactação)

O método de Proctor é um ensaio geotécnico que determina a densidade máxima e o teor de umidade ideal de um solo. Indicado para obras de terraplenagem, ele ajuda a garantir a estabilidade e a resistência de aterros, estradas e fundações. É definido pela norma ABNT NBR 7182.

3.4 Ensaio de ISC

O ensaio ISC (Índice de Suporte Califórnia) ou CBR (Califórnia Bearing Ratio), foi concebido pelo Departamento de Estradas de Rodagem da Califórnia (USA) para avaliar a resistência dos solos. Nele, é medida a resistência a penetração, após obter a densidade e umidade ótima no ensaio de compactação segundo o Método Próctor. O ensaio do ISC é regulamentado pela NBR 9895.

9

Esse índice é um dos indicativos previstos na NBR 15115 para validar um agregado obtido por RCD para utilização em camadas de pavimentos flexíveis.

3.5 Ensaio de Expansão

O ensaio de expansão é realizado em conjunto com o de obtenção do ISC, e tem como intuito determinar o potencial expansivo do material analisado. Este ensaio é regulamentado pela norma NBR 9895.

Esse índice é um dos indicativos previstos na NBR 15115 para validar um agregado obtido por RCD para utilização em camadas de pavimentos flexíveis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Método de Proctor (Compactação)

Os dados do Método Proctor estão indicados na Tabela 1.

Tabela 1 – Método de Proctor.

Energia	Umidade	1º Ponto	2º Ponto	3º Ponto	4º Ponto	5º Ponto
	$s_{\gamma_{m\acute{a}x}}$					
Normal	%	8,1	10,1	12,0	14,0	16,0
	(g/cm³)	1,338	1,395	1,437	1,355	1,332

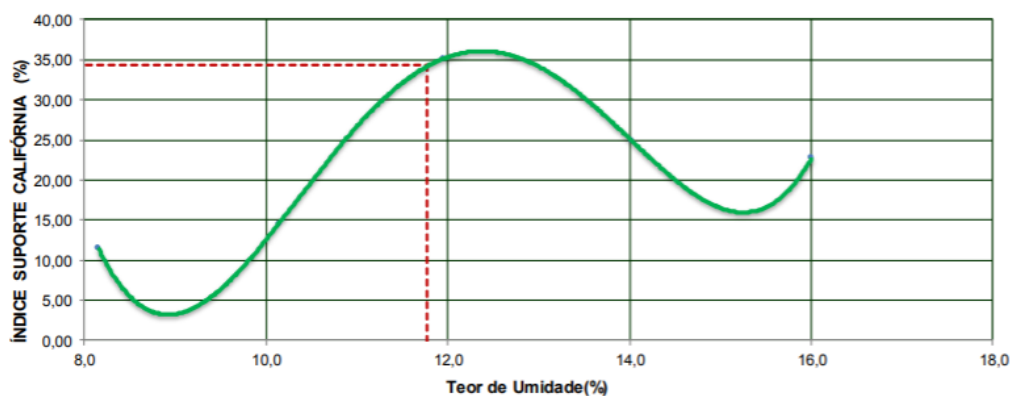
Fonte: Os autores

Nota-se que a densidade máxima ocorreu no 3º ponto, correspondente a 12% de umidade.

4.2. Ensaio ISC (CBR)

O resultado está indicado no gráfico 1 abaixo.

Gráfico 1: Curva de ISC



Fonte: os autores

Conforme pode ser observado no gráfico, o material analisado atingiu o valor de suporte de 34,3% correspondente ao valor de 11,8% de umidade ótima. Desta forma, ultrapassou o mínimo que a norma requer de 12% para execução de reforço de subleito e de 20% para execução de sub-base. Porém, não atingiu o valor mínimo de 60% para execução da base.

No entanto, a norma prevê que, caso o material não atinja os parâmetros, o mesmo pode ser estabilizado granulometricamente com a adição de cimento ou de cal hidratada e submetido a novos testes.

4.3. Ensaio de Expansão

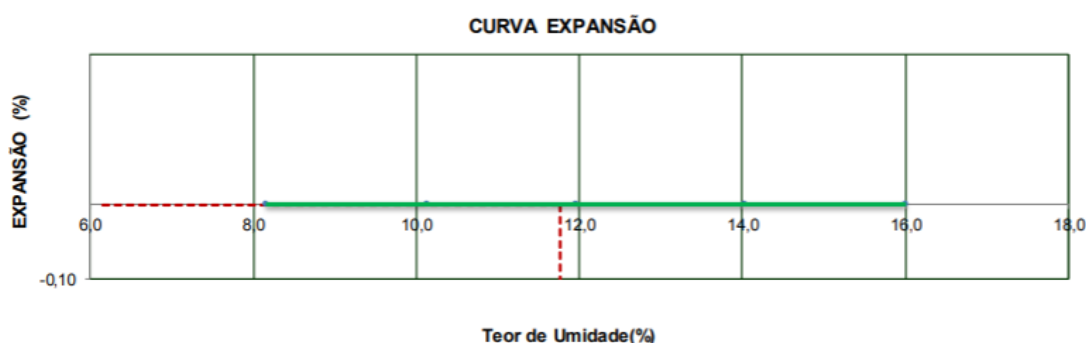
Na sequência do ensaio de ISC, foi verificada a expansão, resultando nos valores indicados na Tabela 2 e na curva de expansão representada no Gráfico 2.

Tabela 2 – Resultado da Expansão.

Densidade Seca Máxima (g/cm ³)	Umidade Ótima (%)	Expansão (%)	I.S.C (%)
1,438	11,8	0,00	34,3

Fonte: Os autores

Gráfico 2 – Curva de Expansão.



Fonte: Os autores

Através do resultado obtido, o material analisado apresentou índice de expansão 0%, atingindo os valores mínimos estipulados pela norma sendo, $\leq 1\%$ para execução de reforço do subleito e sub-base e $\leq 0,5\%$ para execução de base.

5 CONCLUSÕES

Os resíduos de construção e demolição (RCD) representam um montante alto dentro dos resíduos sólidos urbanos (RSU) que são diariamente produzidos nos centros urbanos.

Dentro dos RCD, mais de 60 % do montante produzido são considerados adequados a reutilização e reciclagem de formas variadas. Estes resíduos são aqueles classificados na Classe A, conforme resolução nº 307 do CONAMA. São os resíduos que tem substâncias minerais em sua composição.

Uma de suas utilizações acontece a partir de sua reciclagem, quando se obtém agregados graúdos e miúdos para fabricação de outros produtos utilizados nos serviços de construção.

Uma das formas de utilização do agregado miúdo produzido de resíduos classe A é a execução de camadas de pavimento flexível. A partir das análises dos índices obtidos nos ensaios por diversos autores, pode-se concluir que, esse agregado miúdo produzido pela reciclagem de RCD tem potencial para ser utilizado para esta finalidade.

Os índices previstos na norma que indicam se o agregado miúdo produzido pelo RCD podem ser utilizados para camadas de pavimento flexível são o Índice de Suporte Califórnia (ISC) e o ensaio de Expansão.

No ensaio de Expansão desenvolvido neste trabalho, o agregado miúdo superou os índices mínimos para execução de reforço das camadas do subleito, sub-base e base.

No ensaio de ISC aqui desenvolvido, o agregado superou os índices mínimos para execução das camadas de reforço de subleito e sub-base, não atingindo o índice mínimo para execução da camada de base.

No entanto, a norma prevê que o material é passível de ser estabilizado mediante a adição de aglomerantes hidráulicos para melhorar suas características e ser utilizado para a camada de base.

A reciclagem do RCD para esta finalidade tem potencial para minimizar os impactos ambientais evitando que uma quantidade grande deles seja descartada indevidamente.

Também ameniza os impactos ambientais por reduzir a extração de recursos naturais, poupando-os para serviços onde estes sejam mais demandados.

REFERÊNCIAS

ABNT-NBR 10.004:2004. Resíduos Sólidos-Classificação

ABNT-NBR 15.115:2004. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.

ABNT-NBR 9895:2016. Solo- Índice de Suporte Califórnia (ISC)-Método de Ensaio

ABNT-NBR 7181:2025. Solo-Análise Granulométrica.

ABNT-NBR 7182:2025. Solos- Ensaio de Compactação.

ABRADECON. PESQUISA SETORIAL ABRECON 2020: A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil. São Paulo: EPUSP, 2020.

AZEVEDO, A. P.; OLIVEIRA, Davi V.; SILVA, Nohara V. S.; et al. Utilização de resíduo sólido como material de pavimentação asfáltica. Revista FT, v. 28, ed. 139, out, 2024.

BARROS, E.; FUCALE, S. O Uso De Resíduos Da Construção Civil Como Agregados Na Produção De Concreto. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 2, n. 1, 8 nov. 2016. Disponível em: <http://revistas.poli.br/index.php/rep/article/view/343/91>. Acesso em: 30 agosto 2026.

DALTRO FILHO, J.; BANDEIRA, A. A.; BARRETO, I. N. B. N.; AGRA, L. G. S. Avaliação da composição e quantidade dos resíduos sólidos da construção civil de Aracaju, Sergipe, Brasil. In: VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais, p.1-11, 2006.

FIEPR. (Federação das Indústrias do Estado do Paraná). Aproximadamente 98% dos resíduos gerados pela construção civil podem ser reciclados. 2019. Disponível em: <https://www.fiepr.org.br/boletins-setoriais/4/especial/aproximadamente-98-dos-residuos-gerados-pela-construcao-civil-podem-ser-reciclados-2-32020-426237.shtml>. Acesso em 14/07/2026.

FLESCHE, L. A. Utilização de resíduos sólidos na construção civil. Núcleo de Pesquisa e Extensão em: Gerenciamento de Recursos Hídricos Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, 2004.

GERALDO FILHO, Paulo R.; ERBS, Alexandre; ROMANO, Cezar A. et. al. Índices de geração de resíduos sólidos em uma obra portuária. Engenharia Sanitária e Ambiental; n.27; v. 6, nov-dez., 2022.

LEITE, Mônica Batista. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. 2001. 290 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/21839/000292768.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 agosto 2026

Manual de Pavimentação. Ministério dos Transportes, DNIT. (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), 3ª. ed., 277p., 2006. Disponível em:

http://www.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf. Acesso em 15 de junho de 2026.

PEREIRA, Letícia A. F.; AMORIM, Ênio F.; FREITAS NETO, Osvaldo. Resíduos de construção e demolição aplicados nas camadas de pavimento rodoviário: uma revisão sistemática. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 4, 2022.

PINTO, Tarcísio de Paula. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-22042026-113403/>. Acesso em: 27 jun. 2026.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. (CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente).

RESOLUÇÃO CONAMA nº 348, de 17 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. (CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente).

SANTOS, J. O.; ARAÚJO, C. B. C.; AYRES, T. M. C. Análise da utilização de RCD em obras de pavimentação na cidade de Fortaleza. v.5, p.65-72, 2019.

SANTOS, Sebastião B. J. S.; TORRES, Anderson D.; LIMA, Evelyne E. P; et. al. Utilização de resíduos de corpos de prova em substituição do agregado graúdo de concretos. *Revista InterScientia*, v. 4, n. 2, 2016.

SILVEIRA, L. R.; BORGES, R. A. Análise do uso de resíduos da construção civil como agregado miúdo em pavimentação. *RENEFARA: Revista Eletrônica de Educação da UniAraguaia Centro Universitário*, p.112-122, 2016.

VEIGA, R. M. Subsídios para elaboração de plano de gerenciamento de resíduos da construção e demolição. 2007, 212 p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Ciências Econômicas, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2007.

VIANA, Dandara. Dimensionamento de pavimentos flexíveis, 2019. Guia da Engenharia. Disponível em <https://www.guiadaengenharia.com/dimensionamento-pavimento-flexivel>. Acesso em 03 de junho