

## UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) EM BASES E SUB-BASES DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

TAVARES, P. L. M., MARQUES, C. S. A., SANTOS, G. S. S., NASCIMENTO, J. G. M., ALMEIDA, M. J. M.  
Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul

### RESUMO

Proporcionar um destino ambientalmente correto aos resíduos de construção e demolição (RCD) é essencial devido a grande quantidade produzida. Essa preocupação mundial tem impulsionado o estudo de técnicas para a sua reutilização. Entre esses estudos encontra-se os RCD sendo usado como agregado para pavimentação. Além do ganho econômico com o custo de aquisição, tem-se o ganho ambiental com a redução da extração de recursos naturais. Assim este trabalho teve como objetivo analisar o comportamento do agregado reciclado em substituição a brita, na mistura solo-brita para base e sub-base de pavimentos flexíveis. A faixa de agregado de RCD a se utilizar foi a A, que são resíduos de agregados, concreto, argamassa oriundos de construções reformas e reparos de construções civil. Para se atingir os objetivos deste trabalho foram feitos ensaios de Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade, Granulometria, Compactação a fim de classificar o solo pelo Método HRB e verificar a quantidade de agregado a ser misturado ao solo para que fosse atingido Índice de Suporte California (CBR) considerado mínimo para sub-base ou base de um pavimento. Para isso foram analisados o CBR das misturas de solo mais brita graduada simples (BGS) e de solo mais RCD, para avaliar a potencialidade e a viabilidade técnica da reutilização dos RCD em substituição à brita. Com os resultados obtidos pode-se confirmar que o agregado reciclado é tecnicamente e economicamente viável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Meio ambiente; RCD; Construção; Reciclagem; Pavimentação.

### ABSTRACT

TAVARES, P. L. M., MARQUES, C. S. A., SANTOS, G. S. S., NASCIMENTO, J. G. M., ALMEIDA, M. J. M. **Use of construction and demolition waste aggregates (RCDs) in road pavement bases and subbases.** 2017. 42p. Work of Course Conclusion (Graduation in Civil Engineering) - Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul, -SP, 2017

Providing an environmentally sound destination for construction and demolition waste (RCD) is essential because of the large amount produced. This worldwide concern has driven the study of techniques for their reuse. Among these studies are the RCDs being used as aggregate for paving. Besides the economic gain with the cost of acquisition, we have the environmental gain with the reduction of the extraction of natural resources. Thus, this work had as objective to analyze the behavior of the recycled aggregate in substitution of gravel, in the soil-gravel mixture for base and sub-base of flexible pavements. The RCD aggregate range to be used will be A, which are residues of aggregates, concrete, from construction reforms and repairs to civil constructions. In order to achieve the objectives of this work were made liquidity limit, Plasticity Limit, Granulometry, Compaction tests in order to classify the soil by the HRB Method and verify the amount of aggregate to be mixed to the soil to be reached Support Index California (CBR) considered minimum for sub-base or base of a floor. In order to evaluate the potential and the technical feasibility of the reuse of the RCDs in substitution to the gravel, the CBR of the mixtures of soil plus graded simple gravel (BGS) and soil plus RCD were analyzed. With the results obtained it can be confirmed that the recycled aggregate is technically and economically feasible.

**KEY WORDS:** Environment; RCD; Construction; Recycling; Paving.

### INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores que mais crescem no Brasil. Estima-se que a geração dos Resíduos de construção e demolição (RCD) está entre 0,4 a 0,7 t/hab.ano e representa 51 a 70% dos resíduos sólidos urbanos. E acredita-se que 90% desses resíduos possam ser reciclados, segundo a Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo, (2012).

Segundo a American Concrete Pavement Association (ACPA, 2009) o consumo de agregados naturais na pavimentação, para um quilometro de pista simples, sem considerar o acostamento, pode-se consumir 5,1 vezes a quantidade de agregados usados na construção de um edifício de 15 andares com apartamentos de 80m². Assim substituir os agregados naturais na mistura solo brita para base ou sub-base de um pavimento por agregados reciclados poderá

reduzir o uso de recursos naturais bem como o custo da construção além de estar em consonância com os princípios do desenvolvimento sustentável. Para isso são necessários o estudo de novas tecnologias, para o uso desse agregado.

Existem já bastantes estudos realizados acerca da aplicação de agregados de RCD em camadas granulares de base e de sub-base. Seu reaproveitamento torna-se viável, pois é similar aos materiais de fontes minerais não renováveis, como a brita graduada simples (BGS) e também possibilita a redução do custo na construção de um pavimento.

Assim reciclar RCD é essencial, pois permite a redução da exploração de novas matérias primas, a conservação das fontes naturais de agregados e, ainda reduz a emissão de gases que provocam o efeito estufa. Outro benefício é que o custo de produção dos agregados reciclados pode ser compensado com a economia dos custos em transporte e deposição em aterros sanitários. Portanto substituir os agregados naturais na mistura solo brita para base ou sub-base de um pavimento por agregados reciclados poderá reduzir o uso de recursos naturais bem como o custo da construção além de estar em consonância com os princípios do desenvolvimento sustentável. Para isso são necessários o estudo de novas tecnologias, para o uso desse agregado.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade técnica de agregados de RCD como base ou sub-base em misturas de solos para pavimentação e verificar se a resistência é similar à pavimentos que utilizam britas na mistura, uma vez que ainda existem lacunas quanto ao emprego deste material. Foi utilizado uma mistura de solo com resíduos de construção e demolição (RCD). E como resultado observou-se que com a reciclagem do resíduo de construção ocorrerá vantagens socioeconômicas e ambientais ao município de Santa Fé do Sul, podendo gerar empregos no processo de reciclagem, redução de custos na coleta e disposição, redução da extração de recursos naturais, redução de custos na construção de pavimentos e diminuição da deposição clandestina desse resíduo.

## RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)

Segundo Levy e Paulo (1995), “a construção é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento e desde os primórdios da humanidade foi executada de forma artesanal, gerando como subprodutos grande quantidade de entulho mineral.”

Segundo Fernandes, Picado e Santos (2013) a quantidade abundante de resíduos de construção e demolição virou uma grande preocupação, já que esses resíduos causam forte impacto ambiental, deste modo foi imprescindível a busca pela reciclagem e reutilização dos mesmos, promovendo assim um retorno sustentável à indústria civil

A Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define RCD como:

Resíduo da Construção e Demolição (RCD) ou Resíduo da Construção Civil (RCC) é todo resíduo gerado no processo construtivo, de reforma, escavação ou demolição. Entulho é o conjunto de fragmentos ou restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, etc., provenientes do desperdício na construção, reforma e/ou demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes. O entulho de construção compõe-se, portanto, de restos e fragmentos de materiais, enquanto o de demolição é formado apenas por fragmentos, tendo por isso maior potencial qualitativo, comparativamente ao entulho de construção. O processo de reciclagem do entulho, para a obtenção de agregados, basicamente envolve a seleção dos materiais recicláveis do entulho e a trituração em equipamentos apropriados. Os resíduos encontrados predominantemente no entulho, que são recicláveis para a produção de agregados, pertencem a dois grupos:

Grupo I: Materiais compostos de cimento, cal, areia e brita: concretos, argamassa, blocos de concreto.

Grupo II: Materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos, azulejos.

Grupo III: Materiais não-recicláveis: solo, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor. Desses materiais, alguns são passíveis de serem selecionados e encaminhados para outros usos. Assim, embalagens de papel e papelão, madeira e mesmo vidro e metal podem ser recolhidos para reutilização ou reciclagem. (CONAMA, 2002, p.572)

A classificação dos resíduos se baseia em diversos critérios. Dependendo de sua origem são divididos em urbanos, industriais, serviços de saúde e radioativos (BIDONE, POVINELLI, 1999).

## AGREGADOS DE RCD

A resolução CONAMA (2002) classifica os RCD em classes intitulados de A, B, C e D, essas classes são distintas por cada tipo de recicláveis, a classe A são resíduos de agregados, concreto, argamassa oriundos de construções reformas e reparos de construções civil, classe B são matérias recicláveis para outros fins, como plásticos, papelão/papel, madeiras

vidros entre outros, a classe C são materiais que ainda não são recicláveis, como o gesso, os resíduos de construção que são considerados perigosos ou contaminantes como, tintas, solventes, RCD de clínicas de radiologia são classificados como D. Os agregados reciclados pertencentes à classe A são os que melhores apresentam características técnicas para utilização e aplicação em obras de infraestrutura, edificações, aterros sanitários, dentre outras obras. Podem eles ser classificados em mistos e de concreto. (CONAMA, 2002).

De acordo com a norma NBR 15116 (ABNT, 2004), os agregados de concreto são compostos em sua fração grádua de no mínimo 90%, em massa, de fragmentos à base de cimento Portland e rochas. Os mistos possuem menos de 90% de materiais cimentícios e rochas. Os que melhores de adéquam as áreas de construção são os agregados reciclados de concreto.

De acordo com Levy e Paulo (1995), a composição dos resíduos de demolição é proveniente da demolição de construções como estradas, edifícios, diversos tipos de estruturas, até mesmo locais que chegaram ao seu colapso, e apresentam grande quantidade de solos e agregados em sua constituição. Por este motivo os locais de demolição devem passar por um processo seletivo, essa ação recebeu o termo desconstrução. A falta de atenção para produção desses resíduos acarreta uma necessidade de aterros, como volumes exorbitantes dessa matéria que causa danos ambientais. Os RCD passam por um processo de separação britagem e crivagem antes de sua reciclagem. Os resíduos a serem reciclados não devem conter nenhum tipo de material contaminante, como amianto, madeira, plástico, papel e metais, isso torna a qualidade maior e o custo de produção do agregado menor. Deste modo a separação feita antes da reciclagem é crucial para a qualidade final do produto, sempre priorizando materiais mais limpos. Os RCD passam por um processo de tratamento, para que depois de bem selecionados seja armazenado e reciclado posteriormente.

## PAVIMENTO

Segundo o DNIT (1997, p.194)

Pavimento é a “Estrutura construída após a terraplenagem, destinada a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais oriundos dos veículos, a melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança e a resistir aos esforços horizontais tornando mais durável a superfície e rolamento”.

O Glossário de Termos Técnicos Rodoviários do DNIT (1997) descreve as camadas dos pavimentos como

- a) Camada de rolamento: Camada superior de um pavimento
- b) Base 1- Camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os ao subleito, e sobre a qual se constrói o revestimento. Esta camada pode ser constituída de brita fina, cascalho, pedra amarrada, material estabilizado, concreto asfáltico ou de cimento Portland. 2- Substrato construído de material inorgânico não metálico, sobre o qual o revestimento é aplicado.
- c) Sub-base Camada complementar à base, com as mesmas funções desta, e executada quando, por razões de ordem econômica, for conveniente reduzir a espessura da base.
- d) Subleito Maciço teoricamente infinito que serve de fundação para um pavimento
- e) Reforço do subleito Camada em geral de 20 cm de espessura, constituída de material granular grosseiros, compactada, que se aplica no caso do subleito de estradas de terra ter baixa capacidade de suporte, antes da aplicação do revestimento primário ou para criar condições para a execução de agulhamento.

Os pavimentos rodoviários devem assegurar condições de condução segura e confortável aos condutores (funções funcionais), resistir aos esforços induzidos pelo tráfego e às ações climáticas (funções estruturais), ao longo do período de vida útil. Nos pavimentos flexíveis as camadas superiores são formadas por misturas betuminosas, ou seja, por materiais estabilizados geralmente com betume asfáltico, enquanto as camadas inferiores são formadas por materiais granulares ou, eventualmente, camadas de solo estabilizadas com cimento ou brita. Os pavimentos flexíveis caracterizam-se por terem deflexões elevadas em áreas restritas, fazendo intervir intensamente as camadas superficiais da fundação. A utilização de materiais muito deformáveis obriga a espessuras bastante grandes quando as cargas aplicadas são elevadas, ou quando a fundação é de má qualidade, para que esta não seja solicitada acima da sua resistência e entre em rotura (Pinto, 2003). A camada de base é mais importante ao nível estrutural, pois recebe os esforços induzidos pelo tráfego que circula sobre a camada de desgaste, distribuindo as tensões para a camada de sub-base (REIS, 2009, *apud* Fernandes, 2012).

## PAVIMENTO COM AGREGADO DE RCD

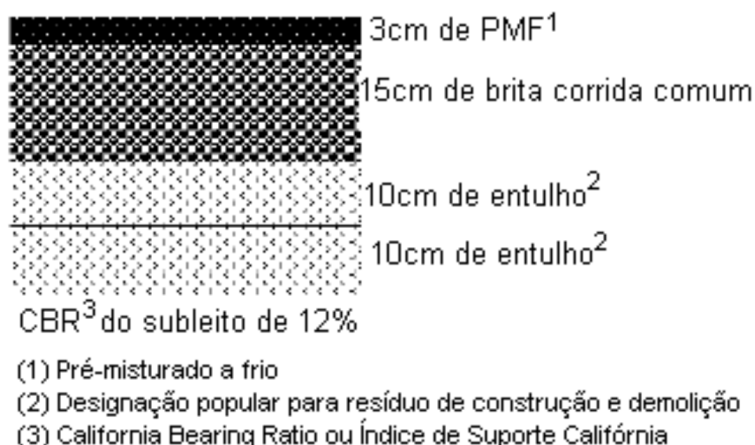
Utilizar o RCD em camadas para pavimentação é algo que se mostrou viável tanto na parte econômica quanto na utilização deste material já que é vasta a quantidade de materiais gerados pela construção e pela possibilidade destes materiais serem reciclados. São várias as cidades brasileiras e estrangeiras que fazem uso de agregados reciclados em

pavimentos, tendo resultados satisfatórios, já que são alternativas para substituir materiais naturais que não são renováveis, pavimentando vias com pouco tráfego (CHIARELLO, NASCIMENTO E MARQUES, 2016).

De acordo com Motta (2005) esta utilização de RCD vem ocorrendo já há algum tempo, existe um grupo de países europeus que criaram o ALT-MAT (*Alternative Materials in Road Construction*) no ano de 1999, os quais fizeram análises laboratoriais e de campo nos diversos materiais alternativos que seriam utilizados na pavimentação.

No Brasil, de acordo com Leite (2007) o primeiro registro de via pavimentada com resíduos de construção civil foi em São Paulo no ano de 1984, sendo que tal via tem pouco fluxo e está localizada na zona oeste de São Paulo, e recebeu o RCD em sua camada de reforço de subleito. A Figura 1 demonstra como foi feita esta pavimentação, as camadas de reforço do subleito e sub-base foram feitas utilizando agregados reciclados.

Figura 1 – Esquema de pavimento



Fonte: MOTTA, 2005, não paginado.

## DIMENSIONAMENTO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Segundo Greco (2011), o grande número de pistas de pouso implantadas durante a Segunda Guerra Mundial e nos anos que se seguiram contribuiu para a divulgação do método de dimensionamento utilizado pelo Corpo de Engenheiros Militares Americanos (USCE), que adotava o CBR do subleito como parâmetro de dimensionamento. No Brasil, o método de projetos de pavimentos mais difundido, conhecido como Método do DNER, proposto pelo engenheiro Murillo Lopes de Souza em 1966, também adota o CBR do subleito como parâmetro de dimensionamento de pavimentos flexíveis.

Dimensionar um pavimento significa determinar as espessuras das camadas que o constituem de forma que estas camadas (reforço do subleito, sub-base, base e revestimento) resistam e transmitam ao subleito as pressões impostas pelo tráfego, sem levar o pavimento à ruptura ou a deformações e a desgastes excessivos. (CHIARELLO, NASCIMENTO E MARQUES, 2016).

O ensaio CBR consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo de prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa mistura padrão de brita estabilizada granulometricamente. Essa relação é expressa em porcentagem (GRECO, 2011).

## METODOLOGIA

### PROCEDIMENTOS

O trabalho foi desenvolvido por meio de uma pesquisa bibliográfica com base em livros, teses, dissertações, manuais, revistas periódicas e sites na internet, permitindo que se obtenham conhecimentos necessários para início da pesquisa exploratória.

Foram analisados os resíduos de construção e demolição, adicionado ao solo da região de Santa Fé do Sul, SP, para o uso em pavimento de baixo tráfego. Os agregados utilizados para o desenvolvimento da pesquisa foram coletados na usina de produção de agregado reciclado de resíduos de construção e demolição, localizado em Santa Fé do Sul, SP.



No laboratório, foram retirados os materiais poluentes, tais como ferro, vidros, papéis, e madeiras e submetidos à ensaios de granulometria, conforme o Método de Ensaio DNER-ME 083/98 (Agregados – análise granulométrica).

O solo do município também foi classificado para verificar a sua possibilidade de uso em pavimentação. A mistura do solo com agregados provenientes de RCD, foi objeto de estudo com a finalidade de se reduzir o uso da brita vindo de jazidas naturais.

Os agregados produzidos na usina se enquadraram nas faixas granulométricas estabelecidas na Norma DNIT 141/2010 ES (Pavimentação – base estabilizada granulometricamente) e, também, atenderam as condições estabelecidas na NBR 15115 (2004), quanto às características físicas desejáveis, foram enquadrados nas faixas A, C e E da Norma DNIT 141/2010 ES. As faixas A e C são usadas para tráfegos médios e pesados, já a faixa E, deve ser utilizada para tráfegos mais leves com um número de solicitações do pavimento (N)  $< 5.10^6$ .

Para definir a dosagem a ser ensaiada, foram feitos o ensaio de granulometria do solo, da brita e do RCD para atenderem à NBR 11805/91. Em seguida foi adotado o Método Gráfico de Rothfuchs, para definir a porcentagem da mistura solo-brita e solo-RCD. Este método é feito graficamente, por meio do ensaio de granulometria a fim de estabilizar a base ou sub-base. Isso é feito com a finalidade de aumentar a resistência da base ao carregamento contínuo e repetitivo, garantir durabilidade entre outros fatores.

Em seguida foram realizados ensaios de Limite de Liquidez, Limite de plasticidade compactação e Índice de Suporte Califórnia (ISC), o qual definiram a umidade ótima, a massa específica aparente seca e a resistência do solo aos esforços do tráfego, de acordo com a NBR 9895/97, na energia intermediária. Foram utilizadas misturas com 30% de solo em relação ao total da mistura.

Após os ensaios, foram feitas as análises comparativas entre os valores de Capacidade de Suporte (CBR) ou ISC obtidos nas diversas amostras, frente as recomendações da Norma NBR 15115/2004, para a verificar a viabilidade do emprego em camadas de base e sub-base de pavimentos.

## ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (CBR)

O Índice de Suporte Califórnia (CBR) mede a capacidade de suporte de um solo compactado. Este por sua vez é um dos ensaios mais importantes e utilizados no mundo quando se tratam de obras rodoviárias, e nos permite verificar a resistência do solo e sua expansão. O ensaio de CBR (Figura 6) apresenta várias etapas, trabalhando-se após o conhecimento da umidade ótima no ensaio de compactação (Proctor), respeitando os números de golpes e camadas da energia de compactação desejada, em geral são feitos 5 corpos de provas com umidades diferentes acima e abaixo da umidade ótima de compactação para que se forme a curva do CBR, após a compactação colocam-se as sobrecargas e submergem-se os corpos de prova por 4 dias, realizando leituras no extensômetro num intervalo de 24 horas, esta parte do ensaio nos permite verificar a expansão do solo. Passados os 4 dias, retiram-se os corpos de prova da água deixando-os secar por 15 minutos e logo em seguida os levamos à prensa para que seja medida sua resistência à penetração. o corpo de prova é rompido através da penetração de um pistão cilíndrico, com uma velocidade constante de 1,27 mm/min, e é pela deformação do anel dinamômetro da prensa, que se registram os valores necessários para calcular as pressões de cada penetração, (VALEJOS, *et al.*, 2005).

Figura 2 – Ensaio de Índice de Suporte Califórnia (CBR)



Fonte: Elaborado pelo autor

## RESULTADOS

Após a realização dos ensaios de caracterização física observa-se que o RCD obedece às especificações da NBR 16116 (ABNT 2004).

O Limite de plasticidade do solo ensaiado foi de 12,24%, o de liquidez de 18,8%, assim o Índice de Plasticidade (IP) foi de 6,56%.

Após o ensaio de granulometria do solo, foi possível classificá-lo pelo método Highway Research Board (HRB), empregada na classificação de solos para fins rodoviários, como solo siltoso argiloso –A4, considerado ruim para

camada de pavimento. Isso demonstra que o solo precisa ser estabilizado granulometricamente para que seja usado em rodovias e vias urbanas.

Assim foram feitas as granulometrias da brita e do agregado de RCD, para enfim definir a porcentagem de solo e brita e solo e RCD para a composição das misturas atingirem um índice de suporte aceitável para base ou sub-base.

A composição foi definida pelo método gráfico de Rothfuchs. Definiu-se, portanto, que a proporção correta a se utilizar nos ensaios de compactação e Índice de Suporte Califórnia (CBR) será de 70% agregado e 30% solo.

## ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (CBR)

Para o Ensaio de CBR foi preciso definir a umidade ótima e massa específica aparente seca para o solo, para o solo+brita e solo+agregado, a Tabela 1 apresenta os resultados.

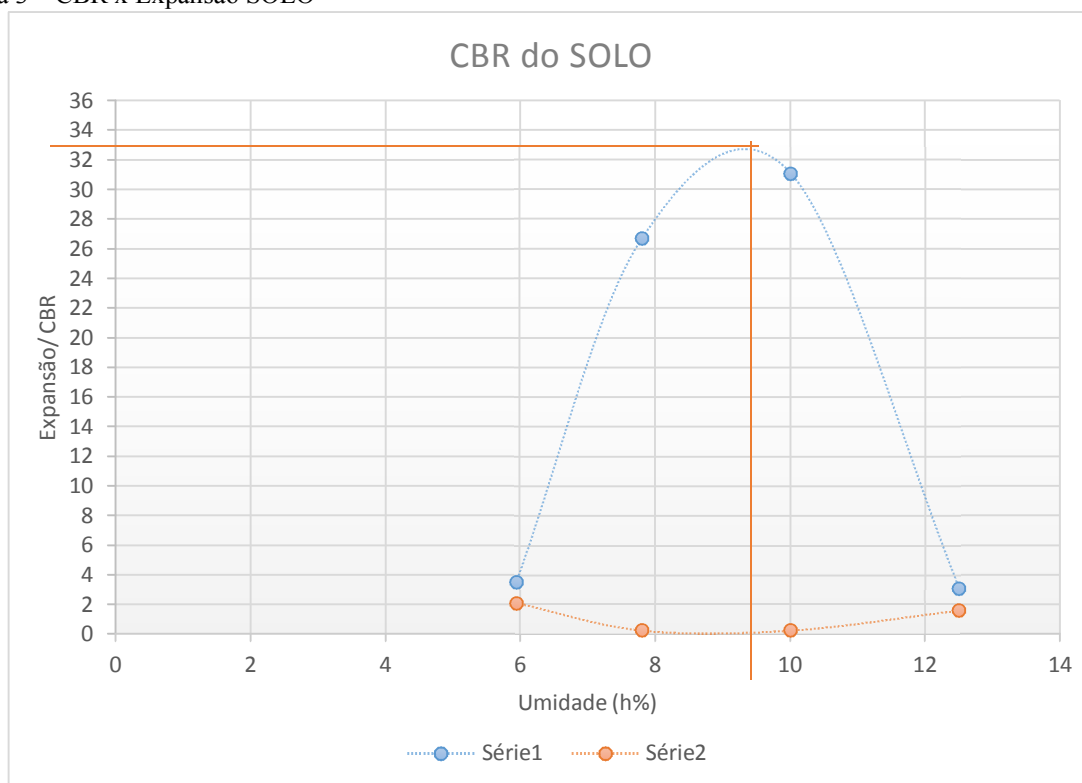
Tabela 1 – Resultados umidade e massa específica

PONTOS	Solo	Solo+Brita	Solo+RCD
Umidade (%)	9	5,5	17
Massa esp. Ap. seca(g/cm <sup>3</sup> )	2,06	2,14	1,57

Fonte: Elaborado pelo autor

Após o ensaio de compactação foi possível fazer o Ensaio de CBR para definir o índice de suporte do solo, solo+brita e solo+RCD, assim como as suas expansões. A Figura 3 apresentam os resultados para o solo. Já a figura 4 apresentam os resultados solo+brita. A Figura 5 apresentam do solo+RCD.

Figura 3 – CBR x Expansão SOLO



Fonte: Elaborado pelo autor

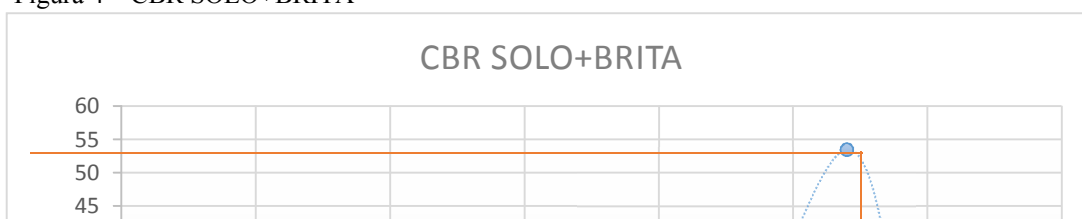
Assim: Umidade ótima (h%) = 9,5%

CBR solo = 33%,

Expansão = 0,1%

## CBR SOLO + BRITA

Figura 4 – CBR SOLO+BRITA



Fonte: Elaborado pelo autor

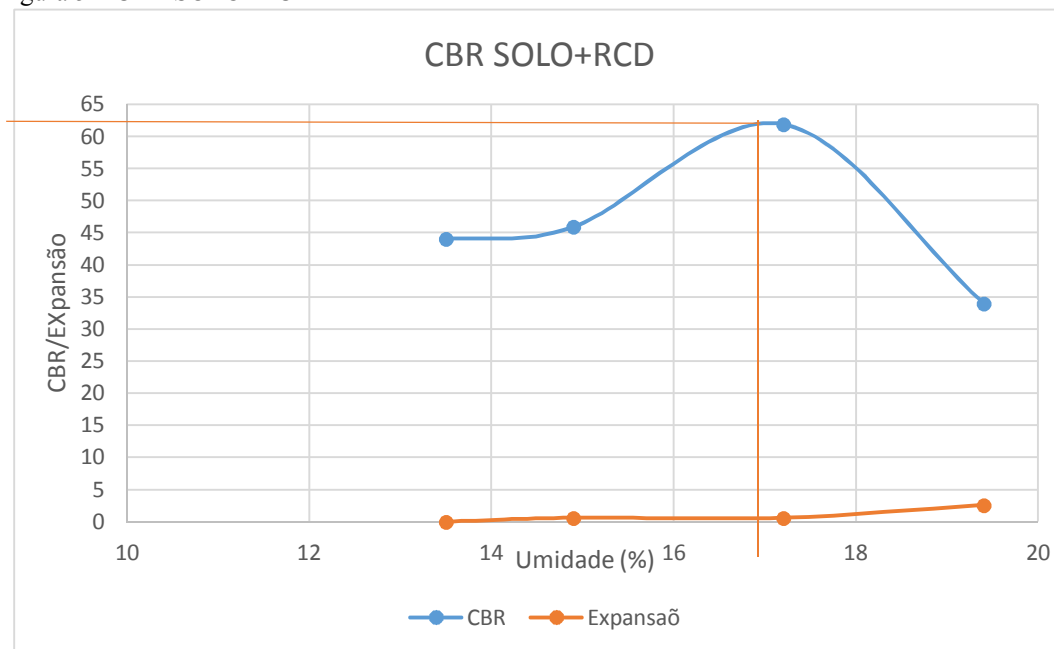
Assim: Umidade ótima (h%) = 5,5%

CBR solo = 54%,

Expansão = 0,2%

## CBR SOLO + RCD

Figura 5 – CBR SOLO+RCD



Fonte: Elaborado pelo autor

Assim: Umidade ótima (h%) = 17,0%;

CBR solo = 62%,

Expansão = 0,5%

A tabela 2 apresenta os resultados finais

Tabela 2 - Resultados das misturas.

	Umidade ótima ( $h_{ot}$ )	$\gamma_{smax}$ (g/cm <sup>3</sup> )	EXPANSÃO (%)	CBR(%)
SOLO	9,5%	1,974	0,1	33%
SOLO + BRITA	5,5%	2,30	0,6	54%
SOLO + RCD	17%	1,64	0,5	62%

Fonte: Elaborado pelo autor

## DISCUSSÃO

A utilização do solo do município de Santa Fé do Sul na construção de pavimentos se limita a camada subbase de pavimentos rodoviários segundo as normas do DNIT, pois não atingiu a resistência necessária para ser empregado na camada base.

Contudo com a finalidade de melhorar a resistência e se tornar aplicável em todas as camadas nobres de um pavimento, o processo de estabilização do solo com o emprego de brita e RCD, na proporção 30% solo e 70% Brita ou RCD, permitiu, de acordo com os resultados obtidos, uma melhora do Índice de Suporte (CBR). Com a mistura solo brita, a resistência não foi suficiente para ser aplicada na camada base de um pavimento, pois com um CBR de 54%, segundo o DNIT viabiliza sua utilização apenas na camada sub base do pavimento. Já com o emprego do RCD ao solo a mistura solo RCD fez com que a resistência inicial do solo atingisse um CBR de 62%, e expansão de 0,5% e, de acordo com o DNIT (1987) a mistura pode ser aplicada em base de pavimento.

## CONCLUSÃO

De acordo com os métodos de ensaios utilizados e com os valores obtidos do CBR do solo e das misturas solo brita e solo RCD, concluiu-se que o RCD produzido no município de Santa Fé do Sul, contribuiu significativamente para um reforço estrutural de base e sub-base, podendo ser utilizado na construção de um pavimento rodoviário ou urbano de tráfego leve e médio, sua utilização poderá ser como sub base ou base.

Sugere-se que novas misturas sejam analisadas, com solo mais RCD na proporção, respectivamente, de 60% de brita/RCD e 40% de solo e 50%:50%, para verificar a viabilidade do uso deste solo para camada de base e sub-base de pavimentos, permitindo a redução do custo de construção de pavimentos, por evitar a troca desse solo e seu descarte em bota-fora, bem como o uso do RCD em substituição a brita.

A utilização do RCD como agregado reciclável proporciona vantagens socioeconômicas ao município de Santa Fé do Sul, reduzindo o descarte em locais inapropriado, diminuindo a poluição e a extração das reservas naturais além de conservar e preservar o meio ambiente e estará em consonância com os princípios de um desenvolvimento sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1- AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION - ACPA – **Recycling concrete pavements**. Skokie, USA. 2009. 84p. Disponível em: < <http://www.acpa.org/>>. Acessado em: 8 abr.2017.

2- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7187/2017 – **Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro, 2017. disponível em: <<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27932/nbr7181-solo-analise-granulometrica>>. Acessado em 20 jul.2017.

3- \_\_\_\_\_. NBR 15115/2004: **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2017. disponível em: < <http://www.portofeliz.sp.gov.br/cmsBusiness/upload/translin/4c8a10f4a2709f403fded9d9b33f4000.pdf> >. Acessado em 20 jul.2017.

4- \_\_\_\_\_. NBR 6459/2017 - **Determinação do Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro, 2017.6p. disponível em: <<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27930/nbr6459-solo-determinacao-do-limite-de-liquidez>>. Acessado em 20 jul.2017

5- \_\_\_\_\_. NBR 7180/1984- **Determinação do Limite de Plasticidade**. Rio de Janeiro, 2017.6p. disponível em: < <http://files.ilcoribeiro.webnode.com.br/2000000085-5d2195d9d7/NBR%207180.pdf>> . Acessado em 20 jul.2017.

6- \_\_\_\_\_. NBR 9939/2011- **Determinação do Teor de Umidade Total por Secagem em Agregados Grãos**. Rio de Janeiro, 2011. disponível em < <https://infostore.saiglobal.com/store/Details.aspx/details.aspx?ProductID=755980>>. Acessado em: 10 jun.2017



- 7- \_\_\_\_\_. NBR11805/1991: **Materiais para sub-base ou base de solo-brita**. Rio de Janeiro, 2017. 3p.disponível em:< <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27889/nbr11805-materiais-para-sub-base-ou-base-de-solo-brita>>\_Acessado em 20 jul.2017
- 8- \_\_\_\_\_. NBR 7182/1986– **Solo – Ensaio de Compactação**. Rio de Janeiro, 1986.disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAve8AH/nbr-7182-1986>. Acessado em 15 jul.2017
- 9- \_\_\_\_\_. NBR12053/92 - **Solo-brita - Determinação de dosagem**. Rio de Janeiro, 2017. 3p.disponível em:< <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27412/nbr12053-solo-brita-determinacao-de-dosagem> >\_Acessado em 20 jul.2017
- 10- BERNUCCI, L.; CERATTI A. P. J.; SOARES, J. B; MOTTA, L. M. G. **Pavimentação Asfáltica – Formação Básica Para engenheiros. Rio de Janeiro. 2008.** Disponível em: <<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2011/08/Pavimenta%C3%A7%C3%A3o-Asf%C3%A1ltica-cap2.pdf>> Acessado 10 jun. 2017.
- 11- BIDONE, F.R.A. & POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos, EESC/USP – Projeto REENGE, 1999.
- 12- BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Brasília – DF. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em: 03 abr. 2016
- 13- CHIARELLO, M. H.; NASCIMENTO, C., MARQUES, C.S.A. **Utilização de Agregados de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) em Pavimentação**. Artigo Científico. Revista Funec Científica – Multidisciplinar, Santa Fé do Sul (SP), 2016
- 14- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA nº 307, **Gestão de Resíduos e Produtos Perigosos – Tratamento**. RESOLUÇÃO CONAMA . [S.I]. Publicada no DOU no 136, 2002, Seção 1, páginas 95-96. Disponível em < [http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/arquivos/36\\_09102008030504.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/arquivos/36_09102008030504.pdf)> . Acessado em 15 jul.2017.
- 15- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER 083/98. **Agregados – Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro, 1998. 5p. Disponível em: < <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me083-98.pdf>>. Acessado em 15 jul.2017.