

## EFEITOS DA ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NOS CUSTOS DAS CAMADAS ESTRUTURAIS DO PAVIMENTO

*Matheus Felipe Welter Neves<sup>1</sup>*

[matheus.neves0230@unilasalle.edu.br](mailto:matheus.neves0230@unilasalle.edu.br)

**Resumo:** A geração de resíduos sólidos na construção civil bem como sua destinação final são temas a cada dia mais debatidos. Geralmente, os resíduos descartados propiciam o surgimento de vetores de doenças, agridem o meio ambiente e prejudicam o desenvolvimento socioeconômico da região. Com isso, a reciclagem destes resíduos e sua aplicação na construção civil vêm despertando cada vez mais interesse. Uma das aplicações mais difundidas para os resíduos de construção civil é a utilização como agregado para o reforço de solos utilizados como base e sub-base para pavimentos flexíveis. Desta forma, o presente artigo objetiva analisar a influência da utilização dos resíduos de construção civil (RCC) nos custos referentes as camadas estruturais dos pavimentos. Para a análise de custos, foram projetadas quatro estruturas de pavimento segundo o método do departamento nacional de infraestrutura de transportes (DNIT), contemplando a utilização de solo-resíduo em duas delas. A análise de custos mostra a utilização de RCC como uma alternativa extremamente viável sob o ponto de vista econômico.

**Palavras-chaves:** Resíduo de Construção Civil; Pavimentação; Solo-resíduo.

## EFFECTS OF ADDING CIVIL CONSTRUCTION RESIDUES ON THE COSTS OF PAVEMENT STRUCTURAL LAYERS

**Abstract:** The generation of solid waste in civil construction, as well as its final destination, are increasingly debated topics. Generally, discarded residues promote the emergence of disease vectors, harm the environment and undermine the socioeconomic development of the region. With this, the recycling of these wastes and their application in the construction industry are arousing more and more interest. One of the most widespread applications for construction waste is its use as an aggregate for soil reinforcement used as a base and sub base for flexible pavements. Thus, this article aims to analyze the influence of the use of construction waste (CCW) on the costs related to the structural layers of pavements. For the cost analysis, four pavement structures were designed according to the National Transport Infrastructure Department method, considering the use of soil-residue in two of them. Cost analysis shows the use of CCW as an extremely economically viable alternative.

**Keywords:** Civil Construction Residues; Paving; Soil-residue.



<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia Civil da Universidade Lasalle, matriculado na disciplina de Trabalho de Conclusão de CursoII, sob a orientação da Prof.<sup>a</sup> Ma. Diana Azambuja Adam. Data de entrega: 12 de dezembro de 2019.

## INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma das principais geradoras de resíduos sólidos no país. Tais resíduos são gerados tanto em construções de novas edificações quanto em reformas daquelas existentes. Os descartes destes resíduos geralmente são feitos em aterros, bota foras ou até mesmo em terrenos baldios, arroios e córregos, sendo uma pequena porcentagem encaminhada para a reciclagem. Com o intuito de normatizar a reciclagem e reduzir danos ambientais, o conselho nacional do meio ambiente, CONAMA, estabeleceu em sua resolução N° 307, de 05/07/02, diretrizes, critérios e procedimentos que visam minimizar o impacto ambiental causado pelos resíduos da construção civil.

O tema sustentabilidade vem cada vez mais ganhando força na construção civil, entretanto, ainda esbarra em barreiras como estudos que comprovem a viabilidade técnica ou ainda processos que tornem a reciclagem economicamente viável. Com isso, diversos estudos visando à aplicação destes resíduos de volta à própria construção civil vêm sendo realizados.

A área da pavimentação é uma das áreas em que a utilização de resíduos é mais difundida. Os resíduos de construção civil, britados na forma de agregados, são utilizados como agentes de reforço para bases e sub-bases em pavimentos flexíveis. Segundo Almeida et al. (2018), a utilização de resíduos de construção para pavimentação além de ser tecnicamente viável, traz benefícios ambientais e econômicos. No âmbito ambiental, tal aplicação reduz a extração de agregados naturais, os quais possuem disponibilidade finita e são extraídos de jazidas cada vez mais longes de seus pontos de aplicação. Uma vez que os agregados feitos a partir de resíduos de construção civil possuem menor valor de mercado, a redução nos custos com frete e aquisição de agregados torna a utilização dos resíduos economicamente vantajosa. Carneiro (2001) dispõe que a avaliação do âmbito econômico é de extrema importância para a aceitação e uso de resíduos de construção civil. Já sob a ótica técnica, a utilização de RCC como agregado no reforço de bases e sub-bases para pavimentos flexíveis vem se mostrando extremamente viável, dados os resultados de diversos estudos já realizados na área. Fontes et al. (2018) afirma que a utilização de agregados reciclados em pavimentação apresenta resultados satisfatórios quanto a capacidade de suporte exigida por norma.

O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade técnica e econômica de um trecho de rodovia com RCC classe A em sua composição através do método de dimensionamento de pavimentos do DNIT.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Classificações dos resíduos

Através da resolução n° 307 do Conama (2002), podemos classificar os resíduos da construção civil em:

- Classe A: Resíduos recicláveis ou reutilizáveis na forma de agregados, sendo eles oriundos de construções, demolições, reformas e reparos de pavimentação. Nesta categoria estão inclusos solos provenientes de terraplenagem, componentes cerâmicos, argamassas e concretos.
- Classe B: Resíduos recicláveis para outras destinações, como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.
- Classe C: Resíduos os quais ainda não existe tecnologia para reciclagem ou a reciclagem não é economicamente viável.

- Classe D: Resíduos perigosos prejudiciais à saúde e ao meio ambiente. Sendo estes resíduos tintas, óleos, solventes, resíduos que possam ter entrado em contato com agentes radioativos, bem como produtos que contenham amianto.

Já quanto ao potencial poluente dos resíduos sólidos, a associação brasileira de normas técnicas (ABNT) dispõe, através da norma brasileira (NBR) 10.004 (2004), que os resíduos podem ser classificados em classe I, resíduos perigosos, e classe II, resíduos não perigosos. A classe II ainda é dividida em dois subitens, classe II A, que é constituída pelos resíduos não perigosos e não inertes, e classe II B, composta por resíduos não perigosos e inertes.

### Solo-resíduo

Segundo Triches&Kryckj (1999), Os RCC britados possuem características interessantes que favorecem seu uso em pavimentação. Mesmo saturados, os resíduos apresentam baixa expansão, o que possibilita a utilização em camadas de base e sub-base. Os resíduos ainda podem atuar como agentes estabilizantes de solos, visto que, no âmbito geotécnico, atuam como redutores de plasticidade, auxiliando na estabilização.

Ainda segundo Triches&Kryckj (1999) os resíduos reciclados utilizados em pavimentação apresentam vantagens econômicas para a administração pública, visto a redução de material disposto irregularmente, diminuição de volumes depositados em aterros e conseqüente aumento em sua vida útil e diminuição de custos para pavimentação de vias.

Quanto a viabilidade técnica, técnicos da Usina de Asfalto da Prefeitura Municipal de São Paulo concluíram em seus estudos que misturas de solo com agregados de RCC necessitam de menos material para atingir a mesma capacidade de suporte que misturas de solo com agregados naturais (Pinto, 1998). Além disto, pesquisas demonstram que adições próximas a 20% de agregados de RCC a solos provocam elevados aumentos em sua capacidade de suporte. Já com agregados naturais, aumentos na capacidade de suporte puderam ser verificados a partir de adições de 40%. (Bodi et al, 1995).

Segundo a ABNT NBR 15116 (2004), os resíduos de construção civil podem ser separados em duas categorias, agregados de resíduo de concreto (ARC), que tem em sua fração graúda um percentual mínimo de 90% em massa de resíduos a base de cimento Portland e rochas fragmentadas, e agregados de resíduo misto (ARM), que possuem menos de 90% em massa de resíduos de cimento e rochas.

As ABNT NBR 15115 (2004) e ABNT NBR 15116 (2004) estipulam que somente resíduos classificados como classe A pelo Conama podem ser aplicados a obras de pavimentação. Os resíduos britados ainda devem possuir coeficiente de uniformidade maior que 10 e ter a porcentagem passante na peneira de 0,42mm entre 10 e 40%.

### Índice de suporte Califórnia

O índice de suporte Califórnia (ISC), traduzido do inglês *californiabearingratio* (CBR), é utilizado para estipular a capacidade de suporte do solo. No ensaio de CBR são analisadas as capacidades de suporte e a expansão de determinado solo. A ABNT NBR 1115(2004) dispõe parâmetros mínimos de CBR para cada camada constituinte do pavimento. A tabela 1 apresenta os parâmetros especificados pela NBR.

**Tabela 1** – Valores de referência para utilização de resíduos de construção em camadas de pavimentação

Índice	Reforço de Subleito	Sub-base	Base
CBR (%)	$\geq 12$	$\geq 20$	$\geq 60$
Expansão (%)	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	$\leq 0,5$

Fonte: (ABNT NBR 15115, 2004)

Ainda segundo a ABNT NBR 1115(2004), os resíduos de construção somente podem ser empregados em camadas de base quando o tráfego da rodovia não ultrapassa  $N \geq 10^6$ .

### Estrutura do pavimento

O pavimento é a estrutura construída adjacente à camada de terraplenagem e serve para resistir aos esforços gerados pelo tráfego e distribuir estas tensões a camada subjacente (Senço, 2007). Segundo Bernucci et al. (2008), o comportamento desta estrutura dá-se pela espessura e rigidez de cada uma das camadas que constituem o pavimento.

Bernucci et al. (2008) estabelece que os pavimentos são classificados quanto a sua rigidez em três grupos. Pavimentos rígidos são aqueles geralmente revestidos por concreto. Devido à alta rigidez do revestimento, as tensões são transmitidas mais suavemente às camadas subjacentes, dispensando o uso da camada de base. É composto pelas camadas de revestimento, geralmente em placas de concreto, as quais apoiam-se sobre a camada de sub-base, composta de material granular, solos ou misturas de solos estabilizados, assentada sobre o solo, denominado subleito, ou sobre um reforço de subleito quando necessário. Já os pavimentos flexíveis são geralmente associados a revestimentos asfálticos e, diferentemente do pavimento rígido, transmitem mais carga as camadas subjacentes. Caracterizam-se por possuir camadas de base, as quais são constituídas de material granular, solos ou misturas de solos estabilizados.

Pavimentos semirrígidos possuem similaridade com os pavimentos flexíveis, porém em suas camadas de base e sub-base apresentam materiais cimentados(Bernucci et al, 2008).

### ESTUDO DE CASO

O presente artigo utiliza como base para a análise econômica os estudos feitos porHortegalet al. (2009), o qual estudou a influência da adição de resíduos de construção classificados como A pelo Conama a solos. Foram coletados resíduos classificados como mistos pela ABNT NBR 15116 em obras na Universidade Estadual do Maranhão e na avenida Guajajaras, ambas localizadas em São Luis, no Maranhão. O solo utilizado para as misturas de solo-RCC nos ensaios foi coletado em uma jazida na área do Tibiri, também localizada em São Luis.

Foram realizados os ensaios de granulometria, compactação e índice de suporte Califórnia para o solo puro e para as três matrizes de solo-RCC. A tabela 2 demonstra a composição das três matrizes.

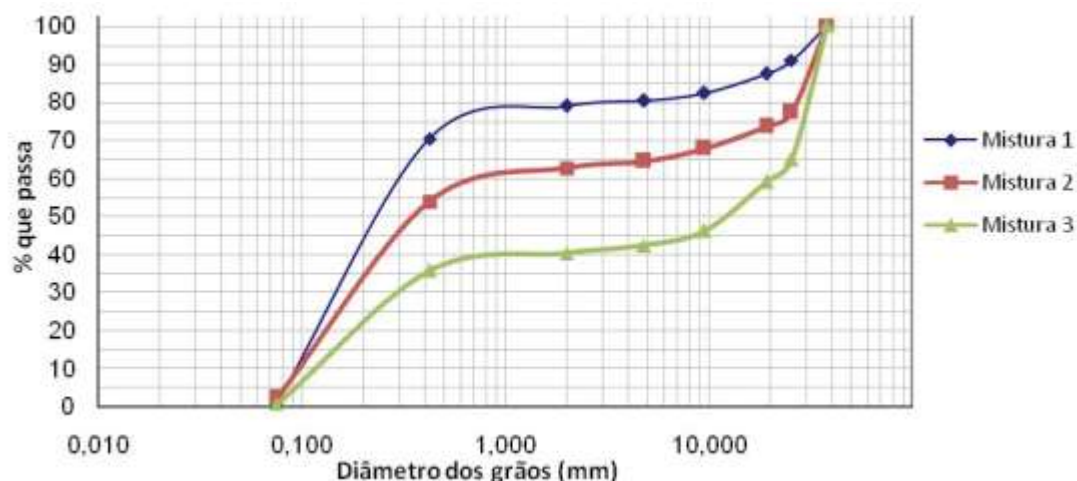
**Tabela 2** – Composição das matrizes de solo-rcc

	Matriz 1	Matriz 2	Matriz 3
Solo (%)	70	50	30
RCC (%)	30	50	70

Fonte: (hortegal et al. 2009)

Os ensaios de granulometria demonstraram que o solo possui grande fração fina, tendo praticamente 100% do solo passando pela peneira de 0,42mm.

Após a caracterização granulométrica do solo, foram caracterizadas as três matrizes de solo-RCC, com resultados expressos na figura 1.

**Figura 1** – Curva granulométrica das matrizes de solo-RCC

Fonte: (Hortegal et al. 2009)

Com base nestes resultados, foram calculados os coeficientes de uniformidade e curvatura das misturas de solo-RCC. Hortegal et al. (2009), concluiu que a matriz 3 possui melhor graduação e continuidade, visto que a matriz se apresenta desuniforme, reduzindo assim o número vazios de sua composição. Hortegal et al. (2009) realizou ensaios de compactação proctor com energia intermediária para definir os valores de peso específico aparente seco máximo e umidade ótima do solo e das matrizes de solo-RCC. O ensaio de compactação proctor foi feito com 5 camadas, sendo cada uma delas compactada com 26 golpes.

O ensaio de compactação do solo resultou no peso específico aparente seco máximo de  $1,83 \text{ kN/m}^3$  e umidade ótima de 4,4%. Feito o ensaio de compactação do solo, foram ensaiadas as três matrizes de solo-RCC, também com energia intermediária.

Após análise das curvas de compactação, Hortegal et al. (2009), concluiu que as matrizes 1, 2 e 3 possuem, respectivamente, valores de umidade ótima de 8,1%, 4,5% e 7,4%. Já os pesos específicos aparentes secos foram de  $1,755 \text{ kN/m}^3$ ,  $1,864 \text{ kN/m}^3$  e  $1,932 \text{ kN/m}^3$ , respectivamente.

Hortegal et al. (2009) realizou os ensaios de CBR para o solo puro e para as matrizes de solo-RCC. O ensaio de CBR resultou em um valor médio de 17% para o solo puro e de 13%, 27% e 54% para as matrizes 1, 2 e 3, respectivamente. Os valores de expansão para as três matrizes de solo foram nulos.

Com estes resultados, Hortegal et. al (2009) conclui que a utilização de RCC misturado a solos é válida, visto que os valores obtidos satisfazem o exigido pela ABNT NBR 15115 (2004) para camadas de reforço de subleito e sub-base.

## DIMENSIONAMENTO

Para o presente trabalho, o dimensionamento será feito com base nos dados apresentados por Hortegal et. al (2009).

Foram dimensionados quatro pavimentos segundo o método de dimensionamento do DNIT. Os pavimentos possuem CBR do subleito de 4%, número  $N = 5 \times 10^6$ , revestimento em CBUQ com coeficiente de equivalência estrutural 2, camada de base em brita graduada, classe técnica III e funcional coletor primário. A diferenciação dos três primeiros pavimentos se dá pelos materiais que constituem suas respectivas camadas de sub-base, sendo adotadas no dimensionamento 1 a matriz de solo-RCC 2 e no dimensionamento 2 a matriz de solo-RCC 3. A matriz número 1 foi descartada do dimensionamento visto que seu valor médio de CBR não satisfaz o disposto em norma para emprego em camada de sub-base. No dimensionamento 3, foi adotada sub-base de brita graduada. No dimensionamento 4, além da camada de sub-base ser executada em brita graduada, foi adotada camada de reforço de subleito com o mesmo solo utilizado nas matrizes de solo-RCC, possuindo CBR de 17%. A tabela 3 apresenta os materiais empregados em cada um dos dimensionamentos.

**Tabela 3** – Especificações das camadas constituintes dos pavimentos

	Revestimento	Base	Sub-base	Reforço de subleito
Estrutura 1	CBUQ	Brita graduada	Solo-RCC 50%	
Estrutura 2	CBUQ	Brita graduada	Solo-RCC 70%	
Estrutura 3	CBUQ	Brita graduada	Brita graduada	
Estrutura 4	CBUQ	Brita graduada	Brita graduada	Solo puro CBR 17%

Fonte: (autor)

Segundo Souza (1981) o método do DNIT é baseado em trabalhos do corpo de engenheiros do exército dos estados unidos e conclusões obtidas a partir de ensaios realizados na pista experimental da AASHTO. O método se baseia no estudo do CBR para determinação das camadas constituintes e visa manter a integridade do subleito.

O DNIT (2006) dispõe em seu manual de projeto de pavimentos flexíveis que o revestimento de pavimentos com  $N = 5 \times 10^6$  deve possuir cinco centímetros de espessura. Através do ábaco de determinação

de espessuras do pavimento, foram verificadas as espessuras de camada necessárias acima do subleito  $H_m$ , do reforço do subleito  $H_n$  e da sub-base  $H_{20}$  do pavimento. Segundo Souza (1981), este ábaco se aplica para estruturas com coeficientes de equivalência estrutural igual a 1, ou seja, materiais com características de base granular.

Analisando o ábaco, foram extraídos os valores de espessura necessários para as estruturas 1, 2 e 3. A espessura necessária acima do subleito  $H_m$  foi de 72 centímetros e a espessura necessária acima da sub-base  $H_{20}$  foi de 16 centímetros. Para a estrutura 4, foram extraídos do ábaco os valores de 72 centímetros para  $H_m$ , 26 centímetros para  $H_{20}$  e 31 centímetros para  $H_n$ .

### Sub-bases solo-RCC

Para o dimensionamento dos pavimentos 1 e 2 foram utilizados os dados das matrizes de solo-RCC 2 e 3, respectivamente. A matriz 2 apresenta 50% de resíduos em sua composição e possui CBR médio de 27%. A matriz 3 apresenta composição de 70% de RCC e CBR médio de 54%. Visando o correto dimensionamento, o coeficiente de equivalência estrutural foi calculado através da relação do CBR do subleito com o CBR da sub-base, resultando em uma relação de 13,5 para a matriz 2 e 27 para a matriz 3. Segundo Souza (1981), relações com valores superiores a 3 resultam em um coeficiente de equivalência estrutural de 1.

Definidas a espessura  $H_m$  e  $H_{20}$ , aplicaram-se as inequações apresentadas na tabela 4 para definição das espessuras das camadas constituintes do pavimento.

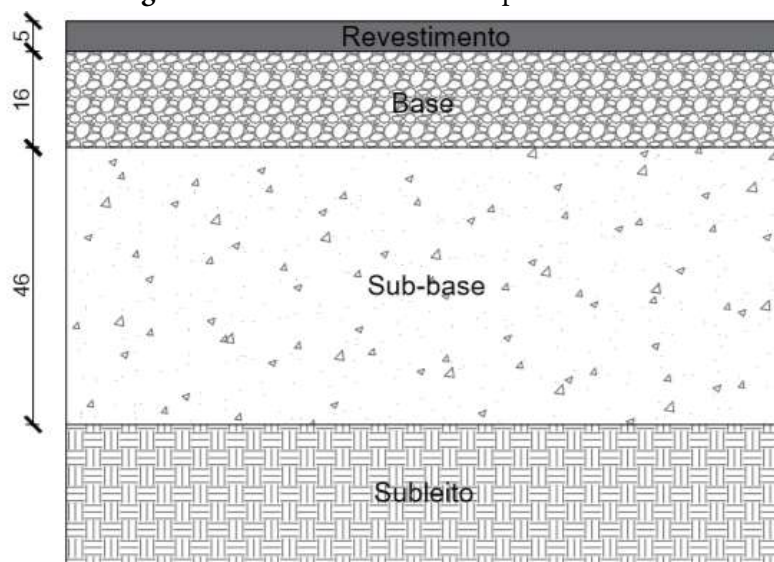
**Tabela 4** – Equações para definição das camadas do pavimento

Equação 1	$RKR + BKB \geq H_{20}$
Equação 2	$RKR + BKB + h_{20}KS \geq H_n$
Equação 3	$RKR + BKB + h_{20}KS + h_nK_{ref} \geq H_m$

Fonte: (Souza, 1981)

As inequações resultaram em espessuras de 16 centímetros para a camada de base e 46 centímetros para a camada de sub-base nos dois casos. A inequação 3 não foi utilizada, visto que os pavimentos 1 e 2 não possuem camada de reforço de subleito.

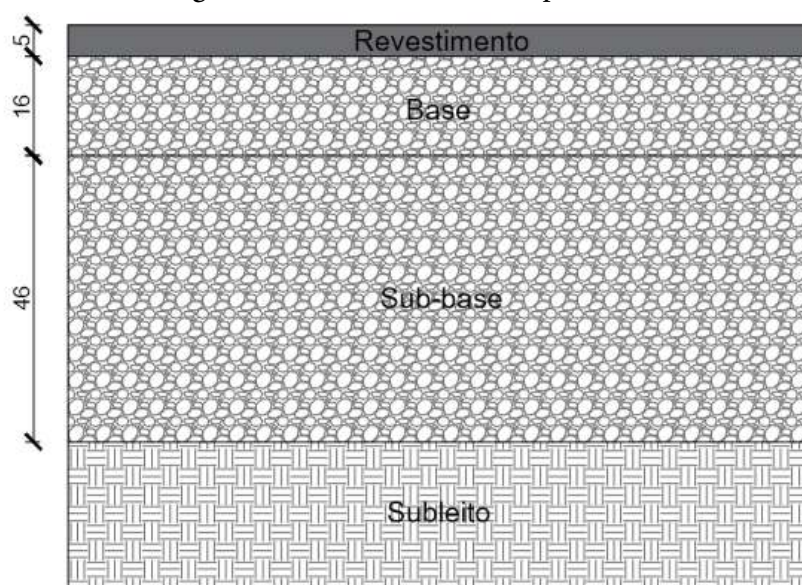
Considerando que este dimensionamento contempla uma rodovia de classe técnica III ondulado e classe funcional coletor primário, a largura total é de 10,6 metros. Logo, o volume necessário de solo-RCC para execução de 1 km de via para a camada de sub-base é de 4.876 m<sup>3</sup>. A figura 2 representa um corte transversal da estrutura dos pavimentos 1 e 2.

**Figura 2** – Corte transversal dos pavimentos 1 e 2

Fonte: (autor)

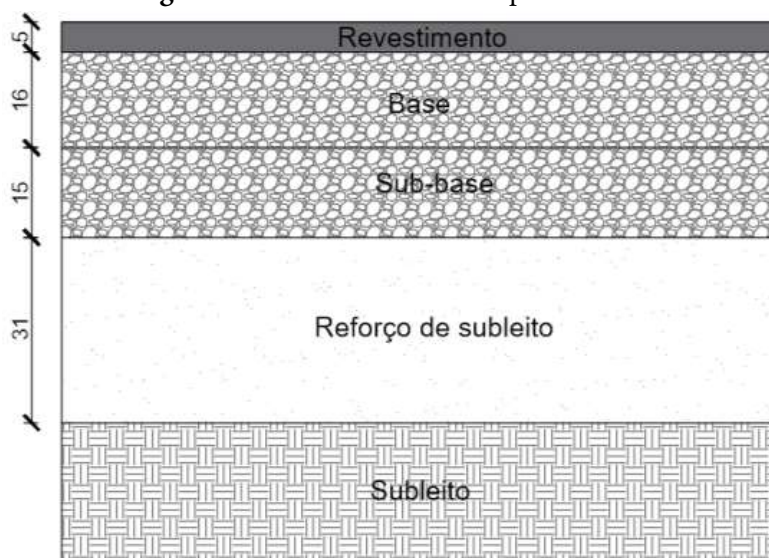
### Sub-base convencional

Para o dimensionamento dos pavimentos convencionais 3 e 4, foram adotadas sub-base de brita graduada simples. Foram executados os mesmos procedimentos do dimensionamento do pavimento com solo-RCC. Visto que as camadas são compostas de material granular, foram adotados coeficiente de equivalência estrutural 1. Com isso, a espessura da camada de sub-base para o dimensionamento 3 manteve-se a mesma, resultando em um mesmo volume de material para a camada de sub-base. Para o dimensionamento 4, foi aplicada a terceira inequação, resultando em uma camada de base de 16 centímetros, sub-base de 15 centímetros e reforço de subleito de 31 centímetros, obtendo-se um volume de 1.590 m<sup>3</sup> para a camada de sub-base e 3.286 m<sup>3</sup> para a camada de reforço de subleito. As figuras 3 e 4 representam os cortes transversais das estruturas dos pavimentos 3 e 4, respectivamente.

**Figura 3** – Corte transversal do pavimento 3

Fonte: (autor)



**Figura 4** – Corte transversal do pavimento 4

Fonte: (autor)

## ANÁLISE DE CUSTOS

Para a análise de custos, foram considerados os preços constantes na tabela do sistema de custos de obras rodoviárias (SICRO), disponibilizada pelo DNIT, com data base de julho de 2019 para o estado do Rio Grande do Sul. A tabela de custos SICRO referência preços para obras de infraestrutura de transportes através de dados estatísticos obtidos por meio de coletas e pesquisas. O objetivo principal é servir como parâmetro para tomadas de decisão (DNIT, 2017).

Os custos unitários contemplam o custo de aquisição do material e execução da camada. Os valores aqui expostos desconsideram custos relativos a frete.

O valor das misturas de solo-RCC foi definido através de adaptação da composição 04011233, que estipula preços para sub-bases em solo-brita na concentração de 70% de solo e 30% de brita, misturados na pista, com solo proveniente de jazida e brita comercializada. Para correta elaboração da composição, foram ajustados os coeficientes de equivalência para se adaptarem aos percentuais de resíduo utilizados neste trabalho, bem como alterado o valor do agregado natural para o orçado de brita de RCC. A tabela 5 apresenta a comparação de custos dos três métodos dimensionados.

**Tabela 5** – Análise de custos

	Sub-base	Volume da sub-base (m <sup>3</sup> )	Custo unitário (R\$)	Volume de reforço de subleito	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Estrutura 1	Solo-RCC 50%	4.876,00	22,19			108.198,44
Estrutura 2	Solo-RCC 70%	4.876,00	28,01			136.576,76
Estrutura 3	Brita graduada	4.876,00	104,55			509.785,80
Estrutura 4	Brita graduada	1.590,00	104,55	3.286,00	7,26	190.090,86

Fonte: (autor)

Após a análise da tabela 5, foi identificado que a utilização de misturas de solo-RCC apresenta considerável redução de custos. Comparada a estrutura 3, a estrutura 1 apresenta uma redução de aproximadamente 79% nos custos, resultando em uma economia de R\$ 401.587,36. Já a estrutura 2, quando comparada a estrutura 3, apresenta um custo reduzido em aproximadamente 73%, sendo gerada uma economia de R\$ 373.209,04. Na estrutura 4, a qual possui camada de reforço de subleito, a análise demonstrou um custo R\$ 81.892,42 superior a estrutura 1, representando uma diferença de aproximadamente 43%. Se comparada a estrutura 2, a estrutura 4 apresenta custo aproximadamente 28% superior, resultando em uma diferença de R\$ 53.514,10.

## CONCLUSÃO

Os resultados da pesquisa indicam que a utilização de resíduos de construção para fins de pavimentação se mostra como uma alternativa extremamente viável técnica e economicamente, com benefícios em vários aspectos. A utilização dos resíduos resulta em uma economia expressiva se comparada a agregados naturais, visto o menor custo de aquisição de agregados reciclados. A pesquisa apontou uma redução de até 79% nos custos de execução de camadas de sub-base. Além disso, gera economia para o poder público, visto a redução de resíduos a ser depositada em aterros. Do ponto de vista técnico, a utilização de RCC se mostrou como uma alternativa que satisfaz as capacidades de suporte exigidas por norma, sendo assim tecnicamente viável. Sob a ótica ambiental, tal emprego gera redução na extração de agregados naturais, os quais possuem disponibilidade finita. Ainda quanto as questões ambientais, possibilita a diminuição da quantidade de resíduos dispostos no meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Jupira et al. **Estudo de viabilidade econômica do uso do agregado de RCD em pavimentação de vias urbanas**. Revista de engenharia, n.54, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.004:Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2004.
- BERNUCCI, LiediBariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: ABEDA, 2008. 501 p.
- BODI, Janos et al. **Utilização de entulho de construção civil reciclado na pavimentação urbana**. In: Reunião anual de pavimentação 29., Cuiabá. Anais... Cuiabá, 1995.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisas. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Pavimentação**. 3 ed. Rio de Janeiro. 2006. 274p.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Coordenação-Geral de Custos de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes**. Vol. 1. 1 ed. Brasília, 2017. 246p.

CARNEIRO, Alex Pires; BURGOS, Paulo César; ALBERTE, Elaine Pinto Varela. **Uso do agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimentos**. Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Destinação final de Resíduos da Construção Civil**. Resolução nº307, de 05 de julho de 2002.

FONTES, Ana Caroline de Souza; NEPOMUCENO, Daiana Valt; BATISTA, Jaqueline da Silva Pereira. **Resíduos Sólidos da construção civil: utilização de agregados reciclados em base e sub-base de pavimentação asfáltica**. Artigo. Multivix Serra. Espírito Santo. 2018. 22p.

HORTEGAL, Mylane Viana; FERREIRA, Thiago Coelho; SANT'ANA, Walter Canales. **Utilização de resíduos sólidos da construção civil para pavimentação em São Luis – MA**. Pesquisa em foco, v.17,n. 2, 2009.

PINTO, Tarcísio de Paulo. **Manual de uso dos resíduos de construção reciclados**. São Paulo: I & T, 1998.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Vol. 1. 2. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SOUZA, Murillo Lopes de. **Método de projeto de pavimentos flexíveis**. 3 ed. Rio de Janeiro, 1981. 34p.

TRICHES, G.; KRYCKYJ, P. R. **Aproveitamento de entulho da construção civil na pavimentação urbana**. In: Congresso brasileiro de geotecnia ambiental 4., São José dos Campos. Anais... São José dos Campos, 1999.