

## AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APLICAÇÃO DE PÓ DE VIDRO E RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS PARA BASE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO.

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.13.22.I-008>

Agleison Ramos Omido (\*), Christian de Souza Barboza, Giovana da Silva Olazar, Laura de Lima Peres  
Universidade Federal da Grande Dourados (agleisonomido@ufgd.edu.br)

### RESUMO

É notório como o estilo de vida da sociedade atual se torna, cada vez mais, insustentável. O aumento exponencial da população se une a uma cultura de consumo acentuado e consequente produção de detritos em altos índices, fatores que se agravam quando combinados à inércia de agentes que poderiam colaborar para mitigar a problemática como a comunidade e o poder público. No âmbito da construção civil brasileira esse cenário se mantém, o sistema construtivo mais empregado é a alvenaria convencional, um método que, além de demandar uma grande quantidade de insumos, é executado sem se dar a devida atenção para o descarte e o reuso dos resíduos, gerando desperdícios de capital e prejuízos ao meio ambiente. No presente estudo o intuito é propor uma alternativa viável de reutilização de materiais empregados em obras urbanas, aplicando-os como agregados na composição da camada de base em pavimentações. Para investigar a viabilidade dessa proposta foram testados dois materiais: pó de vidro e resíduos de construção civil (RCC), com a finalidade de conferir se, além de configurar uma prática sustentável, essa substituição dos componentes convencionais por reutilizados apresenta um ganho quando se analisa as propriedades mecânicas da camada de pavimento, impactando, ademais, na redução da exploração de jazidas naturais. A partir dos resultados obtidos nos ensaios executados foi possível verificar que as misturas de base que continham os elementos supracitados atendiam às especificações exigidas pelo DNIT, uma vez que os traços se adequaram às faixas granulométricas escolhidas e apresentaram valores de Limite de Liquidez, Índice de Plasticidade, Índice de Suporte Califórnia (ISC) e expansão satisfatórios quanto aos critérios normativos. Além disso, observou-se potencial para uma economia tanto de matéria-prima não renovável quanto da energia gasta em seu beneficiamento, visto que, conforme apontado pelo ensaio de ISC, nas duas misturas preparadas com agregados reciclados houve um ganho de resistência de mais de 270% em relação à mistura que continha agregados convencionais, demonstrando quão benéfica pode vir a ser a utilização dessas alternativas no mercado da construção nacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Construção Civil, Pavimento Asfáltico, Agregados Reciclados, Pó de Vidro, Resíduos.

### INTRODUÇÃO

O aumento exponencial da população aliado à cultura do consumo exacerbado e à consequente produção de lixo em números jamais vistos, unem-se a uma falta de consciência e vontade, intrínseca à sociedade em geral e também ao poder público, de sanar essa problemática [1]. No campo da construção civil esse cenário não é diferente, a produção de resíduos e a demanda por materiais é descomunal, sendo responsável por um grande impacto ambiental, uma vez que o descarte destes é, frequentemente, realizado de forma incorreta, como em terrenos baldios ou em bota fora e aterros, desperdiçando o potencial de reutilização desses insumos [2]. Todos esses fatores colaboram para uma diminuição da qualidade de vida da população, pois, se os resíduos não são tratados de forma adequada, há um risco muito grande de contaminação do solo e da água, recursos indispensáveis, além de oportunizar a proliferação de enfermidades.

No âmbito da construção civil brasileira, o sistema construtivo mais utilizado é a alvenaria convencional, um método que além de demandar uma grande quantidade de insumos, é realizado sem a devida preocupação com a destinação dos detritos e sua reutilização. Estima-se que cerca de 30% do material adquirido no início de uma obra desse sistema seja perdido, transformando-se em resíduo, o que representa um desperdício de capital e um prejuízo que vai além do financeiro, tangendo a questão ambiental [3].

Em consonância, um material que tem sido amplamente utilizado e é uma tendência na arquitetura moderna é o vidro, sendo que cerca de 55% de toda a produção das indústrias vidreiras no Brasil é destinada à construção civil [4]. A resolução CONAMA 307 trata sobre os resíduos de vidro advindos exclusivamente das obras de engenharia civil, e indica uma alta vantagem, tanto econômica quanto técnica, em produzir materiais a partir da reciclagem destes dejetos, objetivando a diminuição dos efeitos nocivos ao meio ambiente [5].

Diante do exposto, a reutilização dos resíduos da construção civil, entre eles o vidro, se mostra uma alternativa benéfica do ponto de vista econômico, ambiental e social. Desse modo, evidencia-se a necessidade de propor novas aplicações para esses materiais, sendo uma possibilidade o uso na composição de camadas de pavimentação.

## PAVIMENTO

É uma estrutura executada após a finalização da terraplanagem, formada por camadas de espessuras finitas, compostas por materiais distintos. Sua função é resistir aos esforços provenientes do tráfego de veículos, redistribuindo-os de forma atenuada para o subleito, e, além disso, prover conforto e segurança aos usuários das vias, levando sempre em consideração o fator econômico, a fim de aliar qualidade, durabilidade e custos de forma viável [6].

De modo geral classifica-se os pavimentos como flexíveis, rígidos ou semirrígidos. O tipo flexível é o mais utilizado no Brasil, tendo como característica a capacidade de se deformar em regime elástico, e, por possuir pouca diferenciação de rigidez entre suas camadas, distribuir de forma praticamente igualitária entre seus estratos a carga responsável pelas deformações. O pavimento rígido, por sua vez, dispõe de uma camada de revestimento (em geral composta por placas de concreto de cimento Portland) com elevada rigidez em relação às camadas inferiores sendo responsável por absorver uma parte significativa das tensões provenientes do carregamento aplicado. Por fim, o pavimento semirrígido une as duas características, aliando uma camada de revestimento flexível, como o concreto betuminoso, e uma camada de base rígida constituída por algum aglutinante com propriedades cimentícias [7].

O Quadro 01 abaixo, elaborado a partir do manual de pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), mostra as funções dos estratos do pavimento.

**Quadro 1. Funcionalidade das camadas do pavimento flexível. Fonte: Adaptado de [7]**

Camada	Função
Revestimento	Se refere a camada que, imediatamente, recebe a ação do rolamento de veículos. Deve ser o mais impermeável possível e é destinada a resistir ao desgaste. Além disso, deve oferecer comodidade e segurança aos condutores.
Base	É a camada sobre a qual é construído o revestimento. Tem por finalidade receber, resistir e expedir para as camadas subjacentes os esforços verticais provenientes do tráfego de veículos.
Sub-base	A sub-base é a camada complementar à base. Sua função também é resistir às cargas verticais oriundas do tráfego e transmiti-las para as camadas inferiores.
Reforço do Subleito	Trata-se de uma camada de espessura contínua colocada sobre o subleito por condições econômicas. Possui características geotécnicas superiores ao subleito, porém inferiores à sub-base. É empregada quando há necessidade de reduzir a espessura da sub-base.
Subleito	É a camada infinita de solo sobre a qual serão sobrepostas as demais camadas do pavimento. É o terreno de fundação do pavimento.

Neste estudo o foco é analisar o potencial da adição de agregados reciclados aos traços que constituem as camadas inferiores do pavimento, com o propósito de conferir um novo uso a materiais que seriam descartados, visando uma redução dos impactos ambientais causados pela construção civil e, em paralelo, dos custos das obras de pavimentação.

## OBJETIVOS

O presente trabalho parte da preocupação com a cultura que se têm no âmbito da construção civil quanto ao uso dos insumos. A destinação dos resíduos é, muitas vezes, inadequada, pouco se pensa sobre o reuso dos materiais e o desperdício é uma realidade em grande parte das obras, ignorando a finitude dos recursos naturais utilizados. O intuito é apresentar uma alternativa viável de reutilização de componentes empregados em obras urbanas, aplicando-os como agregados na composição da camada de base em pavimentações.

Para investigar a viabilidade dessa proposta foram testados dois materiais: pó de vidro e resíduos de construção civil (RCC). O objetivo é verificar se, além de configurar uma prática sustentável, essa substituição dos agregados convencionais por reutilizados apresenta um ganho quando se analisa as propriedades mecânicas da camada de pavimento, impactando, ademais, na redução da exploração de jazidas naturais.

## METODOLOGIA

Para realização desse estudo o solo foi coletado em uma jazida localizada na cidade de Itaporã – MS com latitude 22°03'31,61''S e longitude 54°48'19,38''O, e apresentou umidade natural de 14,27%. O resíduo de vidro foi doado por uma empresa vidreira, localizada na cidade de Dourados-MS, e, por estar inicialmente úmido, precisou ser seco e moído. A brita e o pedrisco foram doados por uma empresa local de insumo para construção e o agregado reciclado de RCC foi coletado em uma usina de reciclagem de entulhos, também localizada em Dourados – MS, com latitude 22°14'06,3''S e longitude 54°44'34,30''O. O resíduo fornecido pela usina de reciclagem apresentava duas granulometrias distintas, para melhor identificação denominou-se RCC1 o resíduo mais grosso e RCC2 o mais fino. Na Figura 1 e na Figura 2 abaixo pode-se observar os materiais utilizados neste estudo.

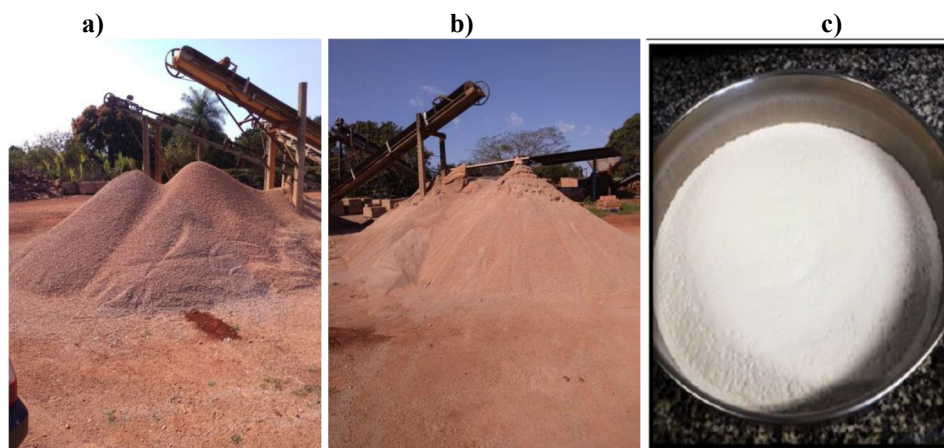


Figura 1: Agregados reciclados. a) RCC1; b) RCC2; c) Pó de vidro. Fonte: Autores.

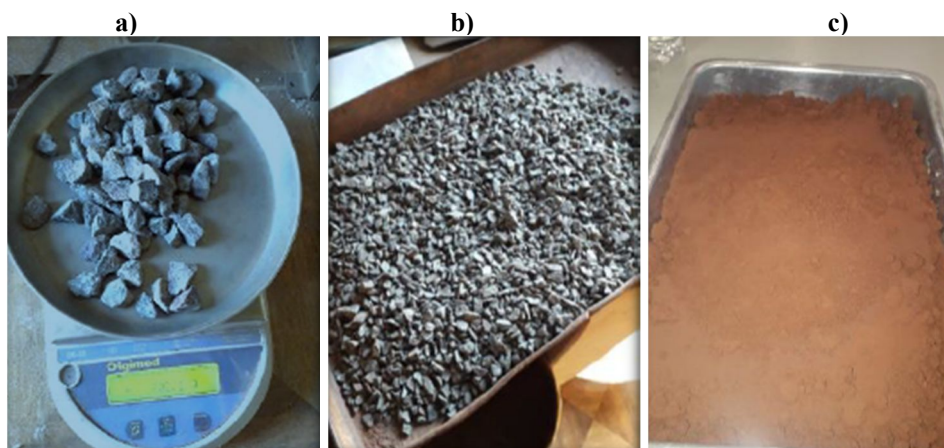


Figura 2: Agregados convencionais. a) Brita; b) Pedrisco; c) Solo. Fonte: Autores.

As análises foram executadas com diferentes traços, conforme apresentado na Tabela 1 a seguir, esses foram enquadrados em faixas estabelecidas pelo Manual de Pavimentação do DNIT, a partir dos dados obtidos no ensaio granulométrico, utilizando o método analítico.

Tabela 1. Traços Utilizados. Fonte: Autores

Traço	A (%)	B (%)	C (%)
Brita	10	10	0
Pedrisco	10	10	0
Solo	80	72	25
Pó de vidro	0	8	0
RCC_1	0	0	35
RCC_2	0	0	40

Para caracterização dos traços acima foram realizados os seguintes ensaios:

- **Granulometria:**

Regido pela NBR 7181 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018), o ensaio granulométrico foi realizado com a finalidade de obter a distribuição granulométrica das amostras. Para tanto, as amostras foram preparadas, seguindo a NBR 6457 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016), e as peneiras escolhidas. Neste ensaio, foram utilizadas as peneiras de malha 1<sup>ª</sup>, 4, 10, 40 e 200 com abertura de 25,4 mm, 4,75 mm, 2 mm, 0,425 mm e 0,075 mm, respectivamente.

As peneiras foram organizadas de modo que as malhas de maior dimensão ficassem sobrepostas às de menor dimensão para que fossem fixadas à máquina vibratória. Estando posicionadas de forma correta, a máquina foi acionada e permaneceu ligada por aproximadamente 5 minutos (tempo estipulado pelo laboratorista, pois a norma não menciona este parâmetro).

Por fim, foram coletadas as massas de cada amostra para construção da curva granulométrica e seu encaixe na faixa do DNIT escolhida.

- **Limite de Liquidez:**

Denomina-se Limite de Liquidez o ponto em que o solo deixa sua configuração fluida ao estar muito úmido e passa se comportar como material plástico, conforme ocorre a evaporação da água.

O material passante na peneira 40, no ensaio granulométrico, foi utilizado no aparelho de Casagrande para obtenção desta medida. Para a realização deste ensaio, normatizado pela NBR 6459 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016), foi adicionada água em 70 g de amostra de solo a fim de obter uma mistura plástica. Alcançada tal consistência, a mistura, primeiramente, foi colocada em uma concha metálica, de modo que a altura de queda desta estivesse calibrada em 1 cm e, em seguida, foi feita uma ranhura no material com um cinzel.

Posteriormente, girando a manivela, a concha foi golpeada contra a base do aparelho na ordem de 2 voltas/segundo, fazendo com que o espaço da ranhura se fechasse. Depois, registrado o número de golpes, tomou-se uma parte do material para análise da umidade no ponto em que a ranhura se fechou. Por último, foi traçada uma melhor reta de umidade versus número de golpes contendo minimamente três pontos, sendo o limite de liquidez o ponto de umidade correspondente a 25 golpes. O ensaio foi realizado para os três traços em estudo e o resultado se encontra expresso em porcentagem.

- **Limite de Plasticidade:**

Normatizado pela NBR 7180 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016), o ensaio para determinação do Limite de Plasticidade faz uso do material passante na peneira de número 40. Inicialmente, foi adicionada água em 50 g de amostra até que se obtivesse uma mistura homogênea e em regime plástico. Ao finalizar essa etapa, utilizando a palma das mãos, uma esfera de solo foi moldada para depois se transformar em um cilindro, ao ser passada em uma placa de vidro esmerilhada. A intenção era formar um cilindro com 3 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento. O ensaio se repetiu até que a amostra se rompesse aos 3 mm de diâmetro.

Feito isso, o material foi colocado em um recipiente dentro da estufa para aferição da umidade. Este procedimento foi refeito até obter, no mínimo, três valores satisfatórios de umidade, de modo que estes resultados não diferissem em  $\pm 5\%$  da média. Este parâmetro se encontra em porcentagem.

- **Índice de Plasticidade:**

Após a realização dos ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, segundo a NBR 7180 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016), o Índice de Plasticidade, em porcentagem, pôde ser encontrado subtraindo o LP do LL, conforme a expressão abaixo:

$$IP = LL - LP \quad \text{equação (1)}$$

- **Ensaio de Proctor Intermediário:**

O procedimento foi executado com base no que estipula a NBR 7182 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020), utilizando um cilindro metálico grande com 152,4 mm de diâmetro e 177,8 mm de altura, provido de colar de extensão destacável com 50 mm de altura e placa de base perfurada com 10 mm de espessura. Durante a moldagem do corpo de prova, para determinação do teor de umidade (w), foi retirada uma porção da amostra presente na bandeja após a compactação da segunda camada. A compactação do corpo de prova foi realizada dividindo-se o volume do mesmo em 5 camadas de espessuras iguais e aplicando a elas 26 golpes com um soquete de massa 4536 g, na superfície de cada camada compactada foram realizadas escarificações a fim de melhorar a aderência à camada seguinte.

Finalizada a compactação, o cilindro contendo o corpo de prova foi removido da base e pesado, assim, subtraindo a massa do molde cilíndrico do valor encontrado para o conjunto, foi possível obter a massa úmida do solo compactado, que

dividida pelo volume do molde resulta na densidade úmida do material. Todo o procedimento foi repetido para outros 4 corpos de prova, sendo que a cada nova moldagem aumentou-se o teor de umidade gradativamente. Conhecendo a massa específica úmida e o teor de umidade, utilizando a equação abaixo encontrou-se a densidade seca de cada amostra.

$$\text{Densidade Seca} = \text{Densidade Úmida} / (1 + \text{Teor de Umidade}) \quad \text{equação (2)}$$

A partir da densidade seca e do teor de umidade é possível marcar alguns pontos formando uma curva parabólica com concavidade voltada para baixo. O valor máximo de densidade seca, apontado pela curva, é alcançado devido à compactação do material, e consequente redução dos vazios, e ao teor de umidade, o qual é conhecido como umidade ótima.

- **Índice de Suporte Califórnia:**

Esse ensaio foi feito seguindo as diretrizes da NBR 9895 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017). Foram moldados corpos de prova com teor de umidade próximo à umidade ótima, parâmetro obtido a partir do ensaio de Proctor, e realizada a compactação de cada um deles. Após isso, inseriu-se uma haste de expansão em cada corpo de prova e foi adicionada uma sobrecarga na ordem de 4540 g. Antes de imergir o corpo de prova foi feita uma leitura inicial no deflectômetro, os corpos de prova foram mantidos imersos durante 96 horas, sendo realizadas novas leituras do valor de expansão no deflectômetro a cada 24 horas. Concluído esse processo, o corpo de prova foi retirado da água e então colocado para escorrer durante 15 minutos.

O próximo passo do ensaio foi a penetração, a qual consistiu no assentamento do pistão padronizado na amostra pela aplicação de uma carga de aproximadamente 45 N. Após zerar as leituras dos deflectômetros foi acionada a manivela da prensa mantendo uma velocidade constante de aproximadamente 1,27 mm/min. Foram anotados os valores de penetração, carga e pressão aferidos durante o ensaio com o objetivo de comparar com os valores tabelados para uma brita padrão. O Índice de Suporte Califórnia é obtido a partir da equação a seguir:

$$\text{ISC} = (\text{Pressão Calculada ou Corrigida} / \text{Pressão Padrão}) \times 100 \quad \text{equação (3)}$$

## RESULTADOS

Os traços foram definidos de forma a se ajustarem às faixas do DNIT, o traço A, composto por agregados convencionais e solo, e o traço B, com 8% de pó de vidro em sua composição, pertencem à Faixa F, já o traço C, constituído majoritariamente por RCC, foi dimensionado para se enquadrar na Faixa E. A Figura 1 e a Figura 2 abaixo mostram as curvas granulométricas dos traços e as faixas do DNIT às quais se adequaram.

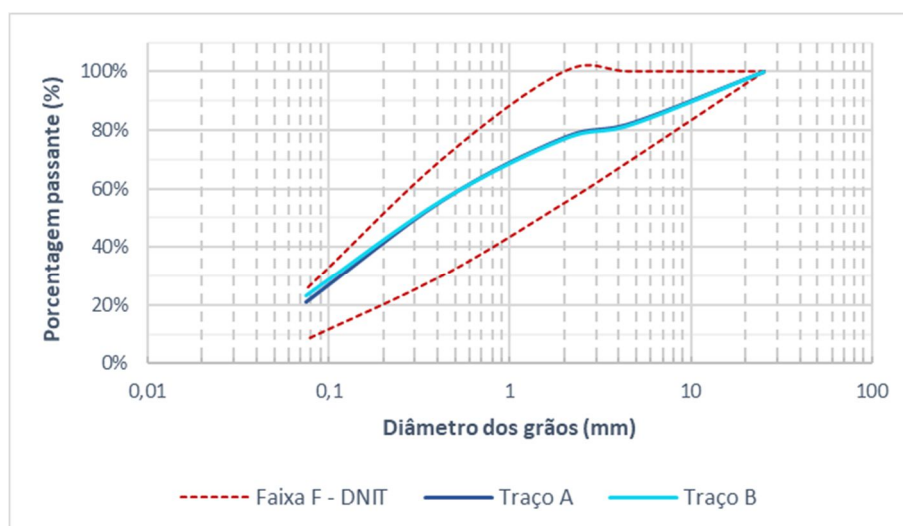
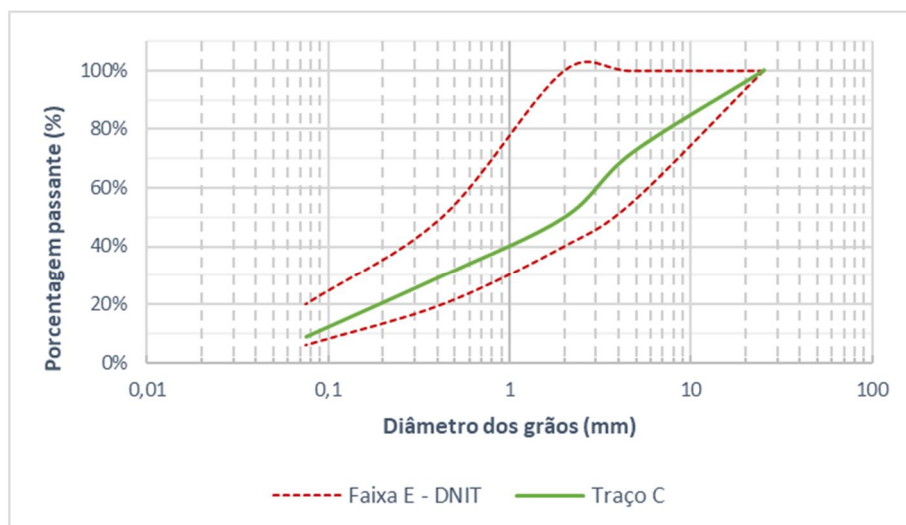


Figura 3: Distribuição Granulométrica traços A e B. Fonte: Autores.



**Figura 4: Distribuição Granulométrica traço C. Fonte: Autores**

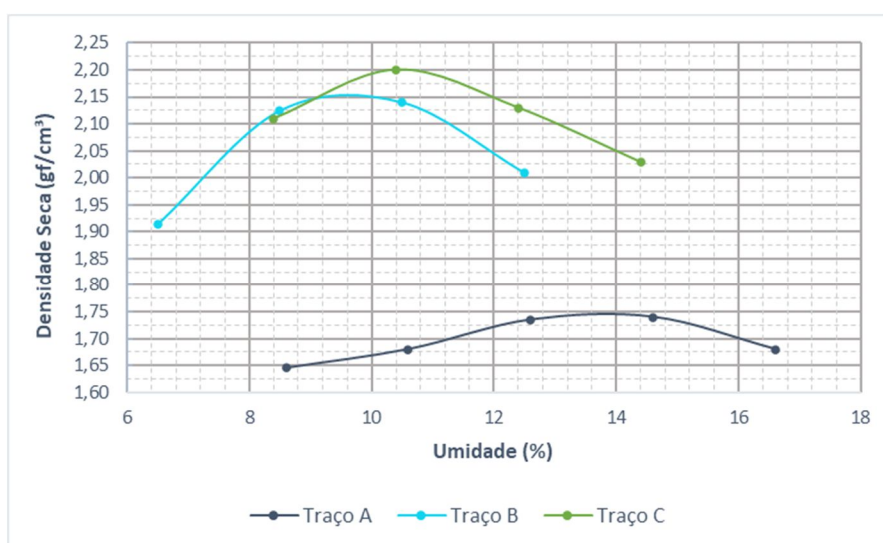
Foram realizados os ensaios de limite de liquidez e limite de plasticidade (limites de Atterberg) com a finalidade de classificar os traços conforme o sistema rodoviário, os resultados constam na Tabela 2 abaixo.

**Tabela 2. Resultados dos ensaios de caracterização. Fonte: Autores**

	Traço A	Traço B	Traço C
LL	30	18,8	-
LP	19	14,1	-
IP	11	4,7	NP
% Passante na #200	26,20	30,3	8,98
Classificação do solo	A-2-6	A-2-4	A-3

Para utilização de materiais em camadas de base o DNIT estabelece os seguintes parâmetros de aceitação: Limite de Liquidez  $\leq 25\%$  e IP  $\leq 6\%$ . Dessa forma, os traços B e C atendem às especificações técnicas exigidas.

Foi executado, ainda, o ensaio de Proctor Intermediário, a fim de determinar a densidade seca máxima e a umidade ótima dos materiais em estudo. Os resultados dos ensaios são apresentados na Figura 3 a seguir.



**Figura 5: Ensaio de Proctor Intermediário. Fonte: Autores**

Após o ensaio de compactação foram moldados dois corpos de prova para os traços A e B e três para o traço C, a fim de realizar o ensaio de ISC (Índice de Suporte Califórnia). Os valores apresentados na Tabela 3, correspondem à média dos

resultados obtidos para os corpos de prova de cada traço. Apenas os corpos de prova do traço A não apresentaram expansão, enquanto para os traços B e C foi possível notar expansões de, respectivamente, 0,09% e 0,44%.

**Tabela 3. Resultados dos ensaios de Proctor e ISC. Fonte: Autores**

	Traço A	Traço B	Traço C
Densidade seca máxima (gf/cm <sup>3</sup> )	2,20	2,16	1,75
Umidade ótima (%)	10,50	9,50	13,80
ISC (%)	50,18	136,45	137,66
Expansão (%)	0,00	0,09	0,44

Assim como ocorre para os limites de Atterberg, o DNIT estipula parâmetros de ISC e expansão para os materiais constituintes das camadas de pavimentação, para base são eles:  $ISC \geq 80\%$  e  $Expansão \leq 0,5\%$ . Nota-se que o traço A não atendia aos parâmetros definidos pelo DNIT, porém, após a adição dos agregados reciclados tanto o traço B quanto o traço C passaram a se enquadrar nos critérios normativos.

A partir dos resultados dos ensaios realizados foi possível observar ganhos de resistência de 271,92% do traço B em relação ao traço A, e 274,33% ao se comparar o traço C com o traço A, o que expressa quão vantajosa pode ser essa substituição dos materiais usuais por agregados reciclados.

Além do ganho em resistência, essa prática pode representar uma significativa economia de materiais pétreos e solo. Para exemplificação, uma camada de base de 15 cm, em uma rodovia de pista simples com largura total de 7,2 m e 1 km de extensão, possuiria um volume de 1080 m<sup>3</sup>. Considerando a composição dos traços adotados, expõe-se na Tabela 4 uma estimativa dos volumes que seriam consumidos de brita, pedrisco e solo, esses poderiam ser economizados em função da substituição por pó de vidro ou resíduos de construção civil.

**Tabela 4. Estimativa de consumo de material/km da pista considerada. Fonte: Autores**

Quantidade (m <sup>3</sup> )	Traço A	Traço B	Traço C
Brita	108	108	0
Pedrisco	108	108	0
Solo	864	777,6	270

Conforme exposto na tabela, para o traço B haveria uma economia de 86,4 m<sup>3</sup> de solo o que representa 10% do volume que seria utilizado no traço A. Para o traço C essa redução ocorreria para todos os materiais, sendo 108 m<sup>3</sup> de brita e o mesmo valor para pedrisco, e 594 m<sup>3</sup> de solo, equivalendo, respectivamente, a 100% e 68,75% de economia.

## CONCLUSÕES

O Brasil é um país cuja malha rodoviária necessita de manutenção e ampliação em larga escala. As intervenções envolvendo o pavimento asfáltico, constituído, em geral, por componentes finitos na natureza como betume, brita, pedrisco, entre outros, alertam para a necessidade de substituição dos mesmos. Diante disso, estimular estudos voltados à substituição dos materiais convencionais por reciclados pode representar um passo na busca por uma construção civil mais sustentável.

O emprego de RCC e do pó de vidro como componentes da camada de base de pavimentação se mostrou uma opção viável para reuso desses materiais. Verificou-se, neste estudo, que esses elementos adicionados às camadas do pavimento conseguem atender às especificações exigidas pelo DNIT. Além de representar uma economia de matéria-prima não renovável e da energia gasta em seu beneficiamento, foi possível observar um ganho de resistência nas misturas com agregados reciclados em relação à mistura que continha agregados convencionais, potencializando sua utilização no mercado da construção brasileira.

Tendo em vista a demanda por práticas sustentáveis e refreamento dos danos ao meio ambiente, a eficiência no processo construtivo e o reuso de materiais urgem se tornar práticas comuns nas obras civis. Deve-se considerar que a escassez de materiais pétreos é iminente, tornando necessária a busca por alternativas ao seu uso que sejam ambientalmente benéficas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CUNHA, F. L.; MELCHIOR, L. **Cooperativas populares: a (re)qualificação do trabalho dos catadores de resíduos sólidos recicláveis em ourinhos e santa cruz do rio pardo – sp** / (Projeto de extensão) - Revista Ciência em Extensão, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 90-93, Junho 2010.
2. ANTOCHEVES, Rogério; PIEREZAN, Jerônimo. **Reaproveitamento do Entulho da Construção Civil**. Notas de aula na disciplina de Construção Civil II – Universidade Federal do Pampa. Alegrete, 2012
3. SOUZA, Whadson Viana da Silva. SANTOS JÚNIOR, Edmilson. LIMA, Livia Ramos. **Análise comparativa da geração de resíduos entre o *light steel framing* e a construção convencional**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 06, Ed. 12, Vol. 08, pp. 49-68. Dezembro de 2021.
4. AD NORMAS (Brasil). **Especificando os vidros para a construção civil conforme a norma técnica**. 2018. Disponível em: <https://revistaadnormas.com.br/2018/05/29/especificando-os-vidros-para-a-construcao-civil-conforme-a-norma-tecnica/>. Acesso: 31 de julho de 2022.
5. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Destinação final de Resíduos da Construção Civil**. Resolução nº307, de 05 de julho de 2002.
6. BERNUCCI, L., CERATTI, J., SOARES, J., & MOTTA, L. **PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: formação básica para engenheiros**. Cap. 7. – Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006.
7. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO. PUBLICAÇÃO IPR – 719**. Ministério dos transportes. Departamento nacional de infraestrutura de transportes, Instituto de pesquisas rodoviárias, 2006.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181 – Solo – Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro. 2018.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457 – Amostras de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro. 2016.
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459 – Solo – Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro. 2016.
11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180 – Solo – Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro. 2016.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182 – Solo – Ensaio de Compactação: citações em documentos**. Rio de Janeiro. 2016.
13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895 – Solo – Índice de Suporte Califórnia (ISC) – Método de ensaio: citações em documentos**. Rio de Janeiro. 2016.