

19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



25º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 48ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

USO SUSTENTÁVEL DO RESÍDUO DE PEDRA CARIRI NAS CAMADAS GRANULARES DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

DOI: (a ser preenchido após o envio do código DOI da publicação)

Mariana Gonçalves da Silva¹; Brunna Mikaelli Pinho da Silva¹; Diego Vieira de Souza²; Nayra Maryelle Silva Batista¹ & Antonio Junior Alves Ribeiro¹

RESUMO

A pavimentação é uma das áreas da engenharia de infraestrutura que mais consomem matéria-prima, causando um grande impacto ambiental. Ao introduzir o uso de resíduos sólidos na construção dos pavimentos, pode-se mitigar os impactos ambientais, além de reduzir custos. O Resíduo da Pedra Cariri (RPC) pode ser utilizado como um material de construção e ser transformado em agregado para o uso em concreto e como camadas granulares dos pavimentos rodoviários. A utilização do RPC na pavimentação pode ser uma abordagem sustentável que reduz o descarte inadequado, diminui o uso de recursos naturais e proporciona benefícios sociais e ambientais. O objetivo deste estudo é analisar a possibilidade do uso do RPC na pavimentação. Para tanto, foi trabalhada a substituição de solo pelo RPC nos percentuais de 10% e 20% como materiais de sub-base de rodovias de baixo volume de tráfego. Esses materiais foram caracterizados através de ensaios básicos e de rigidez, determinando se o resíduo possui características mecânicas para suportar as tensões provenientes do tráfego. O software MeDiNa foi utilizado para analisar as estruturas características das misturas de solo e RPC. As análises mostram que a adição de RPC aumenta os valores do módulo de resiliência (MR) do solo e diminuem o afundamento de trilha de roda (ATR) das estruturas. Assim, verifica-se que a incorporação de RPC aos solos traz benefícios ambientais e melhora as propriedades mecânicas das camadas granulares, favorecendo também a economia.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimentação; Resíduo; Sustentabilidade; MeDiNa.

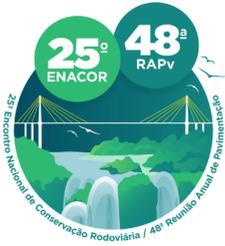
ABSTRACT

Paving is one of the areas of infrastructure engineering that consume the most raw materials, causing a great environmental impact. By introducing the use of solid waste in the construction of pavements, environmental impacts can be mitigated, in addition to reducing costs. Cariri Stone Waste (CSW) can be used as a construction material and be transformed into aggregate for use in concrete and as granular layers of road pavements. The use of CSW in paving can be a sustainable approach that reduces inappropriate disposal, decreases the use of natural resources and provides social and environmental benefits. The objective of this study is to analyze the possibility of using RPC in paving. To this end, the replacement of soil by CSW in the percentages of 10% and 20% was worked on as sub-base materials for low-volume roads. These materials were characterized through basic and stiffness tests, determining whether the residue has mechanical characteristics to withstand stresses from the traffic. The MeDiNa software was used to analyze the characteristic structures of soil and RPC mixtures. The analyzes show that the addition of CSW increases the values of the resilient modulus of the soil and decreases the permanent deformation of the structures. Thus, it appears that the incorporation of CSW to soils brings environmental benefits and improves the mechanical properties of granular layers, also favoring the economy.

KEY WORDS: Paving; Waste; Sustainability; MeDiNa

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, e-mail: marigoncalves241@gmail.com, brunna.mikaelli@gmail.com, nayramaryellesb@gmail.com, junior.ribeiro@ifce.edu.br

² Universidade Federal do Cariri, e-mail: dvsdiegovieira@gmail.com



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



INTRODUÇÃO

No Cariri cearense existe um grande polo de mineração de gipsita e Pedra Cariri, que se concentra principalmente nas cidades de Santana do Cariri e Nova Olinda, devido aos seus volumosos depósitos de calcário laminado, a exploração do calcário, ao longo dos anos, emergiu como uma das principais atividades econômicas dos mesmos (PADILHA, VIDAL e FERNANDES, 2007). Esta extração gera grandes quantidades de resíduos, que muitas vezes não tem uma destinação adequada, sendo depositados no meio ambiente e, gerando assim, uma grande degradação da área. De acordo com Oliveira (2016), é estimado que existam cerca de 1 milhão de metros cúbicos de resíduos da Pedra Cariri acumulados *in loco*.

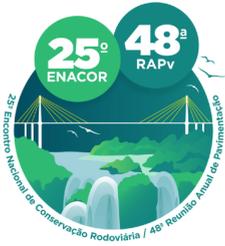
A prática de mineração é uma das atividades que mais causam danos ambientais e que gera resíduos sólidos, pois ela remove toda a camada vegetal e o subsolo, alterando o relevo do terreno e causando erosão do solo, para realizar a extração. Segundo Neiva et al (2018), a atividade mineradora está causando o assoreamento de riachos, alteração do pH das águas e o aumento acelerado de zonas de erosão, além de causar a poluição ambiental naquela região pelo descarte dos resíduos gerados pela a atividade extrativista da Pedra Cariri.

Existe uma preocupação a nível mundial acerca do aumento da geração de resíduos, há campanhas, debates e a fomentação de políticas sobre o seu devido tratamento. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos sólidos são todos materiais resultantes da atividade humana, seja ele em estado sólido ou semissólido. Além disso, o descarte desse resíduo pode envolver a adoção de soluções técnicas que sejam viáveis, considerando a melhor tecnologia disponível.

De acordo com Oliveira (2016), a integração de resíduos já é utilizada na área da pavimentação, visando o grande consumo de materiais em suas camadas. Na pavimentação sustentável, ao utilizar resíduos sólidos como matéria-prima, contribui para a redução da geração de recursos naturais, a minimização de resíduos e o aproveitamento de materiais que seriam descartados, promovendo a redução do impacto ambiental e a sustentabilidade na construção e manutenção de infraestruturas viárias.

O Resíduo da Pedra Cariri (RPC) é gerado em duas etapas, no processo de extração da lajota e na etapa de esquadrejamento das placas de Pedra Cariri (MOURA, LEITE e BASTOS, 2013). Esses resíduos podem ser classificados como resíduos sólidos da construção civil. Eles podem ser transformados em materiais de construção, como agregados para concreto, camadas de pavimentos rodoviários, preenchimento de vazios e até mesmo para produção decorativas.

Miranda et al (2018), ressalta que o processo de lavra e beneficiamento da Pedra Cariri enfrenta desafios devido à utilização de tecnologias inadequadas para as condições das jazidas. Esse cenário resulta em uma significativa quantidade de materiais desperdiçados. A lavra é realizada de maneira casual, empregando métodos manuais ou semi-mecanizados. Após a extração, as placas são selecionadas e encaminhadas às serrarias para o beneficiamento, onde são cortadas de acordo com as dimensões necessárias para sua aplicação.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Com base no contexto apresentado, o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade do uso do RPC na pavimentação através da análise de características mecânicas e simulações do uso do material incorporado a um solo silto-arenoso como camada de sub-base de pavimentos pelo método MeDiNa.

REFERENCIAL TEÓRICO

A pavimentação é o processo de construção e revestimento de superfícies de vias públicas, estradas, ruas, estacionamentos e outras áreas de tráfego com materiais adequados, ela desempenha um papel fundamental na infraestrutura de transporte, proporcionando uma superfície resistente para o tráfego de veículos e pedestres. Lima et al (2022), destaca que a construção e a manutenção das vias pavimentadas causam um grande consumo de matéria-prima oriundas de jazidas naturais. Entretanto, atualmente, na pavimentação já é feita a introdução de resíduos, visando a diminuição dos custos e com uma maior resistência, além do reaproveitamento destes materiais que seriam descartados. Jiménez (2016), salienta que a prática de utilizar os materiais reciclados na pavimentação contribui na redução de custos e impactos ambientais na construção da estrutura.

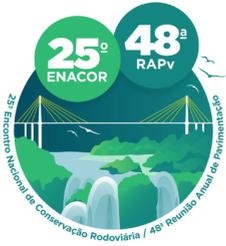
Ângulo et al (2010), destaca a consolidação da sustentabilidade como aspecto importante para a indústria da construção civil, nesse sentido destaca ainda a utilização de resíduos sólidos na mesma, firmando como prática importante para sustentabilidade. Para Brasileiro et al (2015), os resíduos sólidos podem ser utilizados em diversas áreas da construção visando diminuir os impactos causados nas mesmas, tal como a retirada de matéria-prima de jazidas naturais, contribuindo assim com o desenvolvimento sustentável.

O Resíduo da Pedra Cariri (RPC) refere-se aos resíduos gerados durante o processo de extração e beneficiamento da pedra Cariri, que é uma rocha sedimentar encontrada na região do Cariri, no estado do Ceará, Brasil. Essa pedra é amplamente utilizada na construção civil, principalmente na confecção de revestimentos, pisos, fachadas e outros elementos arquitetônicos.

Durante a extração e o corte da pedra Cariri, é comum a geração de resíduos como fragmentos, lascas, sobras de corte e pó de pedra. Esses resíduos podem apresentar diferentes tamanhos, formas e composições, dependendo do processo de beneficiamento adotado. Vidal e Padilha (2005), destacam que RPC geralmente é empregado em aterros e em estradas de baixo volume de tráfego, principalmente na região onde ocorre a sua geração.

Moraes et al. (2020), explica que a extração manual da Pedra Cariri resulta em uma significativa perda de material. Ainda no mesmo pensamento, o autor afirma que o processo de extração pode ser dividido em várias etapas: remoção do barro que cobre o calcário, retirada de uma camada não aproveitável, seguida pela extração propriamente dita, limpeza e serragem do material. Essa abordagem causa não apenas uma perda expressiva na produção de rochas ornamentais, mas também gera resíduos que têm um grande impacto negativo sobre o meio ambiente.

Moosher (2013) afirma que com o crescimento populacional e a amplificação do processo de industrialização, a gestão dos resíduos sólidos produzidos se tornou um problema grave no mundo atual para as empresas geradoras, órgãos governamentais, instituições de pesquisas e empresas com interesses de diminuir os impactos causados pelo mal gerenciamento desses resíduos. O autor



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



declara ainda a necessidade imediata da reciclagem e reutilização desses resíduos dado a escassez dos materiais, a crise energética mundial e a sustentabilidade do meio ambiente. Nesse sentido, a reutilização do RPC não apenas evita o descarte inadequado do material, mas também proporciona benefícios econômicos, sociais e ambientais.

A utilização do RPC na pavimentação é uma abordagem sustentável que promove a reutilização de um material que, de outra forma, seria descartado como resíduo, umas das maiores vantagens obtidas seria a redução significativa na quantidade de RPC que ficam acumulados no ambiente (Moraes et al, 2020). Além disso, o uso desse resíduo na pavimentação evita a necessidade de extrair e processar outros recursos naturais, como pedras e minerais, que seriam utilizados na produção de materiais convencionais para pavimentação. Isso resulta em uma economia de energia e recursos naturais.

Batista (2021), expõe que o RPC é capaz de ser utilizado para o tratamento de solos expansivos, estabilizando a granulometria. O montante de RPC dependerá do tipo de solo a ser empregado. Na pavimentação, a mistura de solo e RPC pode ser utilizada como uma alternativa para o melhoramento da resistência e a qualidade do solo, podendo ser aplicada como base, sub-base e reforço do subleito.

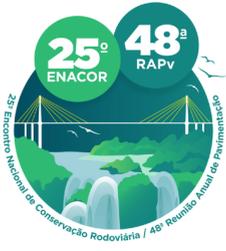
METODOLOGIA

Os estudos foram realizados utilizando RPC coletado no município de Nova Olinda - CE, onde se encontra uma maior disponibilidade para coleta do RPC. Localizado na Formação Santana da Bacia do Araripe, a qual possui alta importância científica para a paleontologia, por apresentar tipos de rochas com alto caráter fossilizante (CARDONA, 2016), como, por exemplo, o calcário laminado. Por outro lado, a exploração de tal recurso natural gera altas quantidades de resíduos que, em sua maioria, não têm o descarte apropriado. Assim, foram utilizados Resíduos da Pedra Cariri misturados com um solo silto-arenoso do município de Juazeiro do Norte - CE, que é a cidade de maior relevância econômica da região do Cariri.

O RPC coletado possui uma massa de aproximadamente 500 kg. Onde pode-se afirmar que a amostra foi o suficiente para a realização da pesquisa. O RPC foi coletado em forma de lasca, onde posteriormente foi separado utilizando a faixa passante na peneira de 19 mm e retido na peneira 4,75 mm. Isso foi feito nessa parte da pesquisa para trabalhar o material graúdo do RPC e assim buscar melhorar o esqueleto do solo, sem aumentar a quantidade finos e, conseqüentemente a umidade ótima. Na figura 1 é mostrado uma amostra do RPC e na figura 2 o solo trabalhado.



Figura 1. RPC coletado no município de Nova Olinda - CE (AUTORES, 2023).



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Figura 2. Solo coletado no município de Juazeiro do Norte - CE (AUTORES, 2023).

O solo, o RPC e as misturas de solo e RPC foram caracterizados através dos ensaios clássicos utilizados na pavimentação e pelo módulo de resiliência por meio da norma DNIT 134/2018 - ME. Com o propósito de observar o comportamento mecânico em relação ao aumento do percentual de resíduo, esses resultados foram essenciais para determinar a rigidez das estruturas dimensionadas, quando adicionados os percentuais de 10% e 20% de RCP ao solo como camada de sub-base.

O software de dimensionamento MeDiNa foi empregado para avaliação do solo puro e do solo com os percentuais de RPC como camada de sub-base e as demais espessuras e materiais de revestimento, base e subleito fixados. Os parâmetros de dimensionamento utilizados foram: rodovia de baixo volume de tráfego, revestimento em Tratamento Superficial Duplo (TSD), camada de base com 15 cm de espessura de solo-brita encontrado em Bastos (2013), subleito com solo arenoso extraído de Vasconcelos (2018), ATR de no máximo 20 mm e confiabilidade de 65%.

O programa MeDiNa utiliza dois modelos constitutivos de MR, o elástico linear, que utiliza a média dos MRs obtidos no ensaio, e o elástico não-linear, que utiliza as constantes que relacionam os pares de tensão com o MR, obtidas através do programa LABfit, por meio da correção de curvas de regressão não linear. Neste trabalho, o modelo que melhor descreveu o solo e as misturas de solo e RPC foi o modelo de Pezo (1993). Assim, as simulações foram feitas considerando ambos os modelos constitutivos, com a finalidade de comparar seu desempenho e verificar se as diferenças no ATR são significativas. A figura 3 apresenta a estrutura tipo utilizada na simulação das estruturas no MeDiNa.

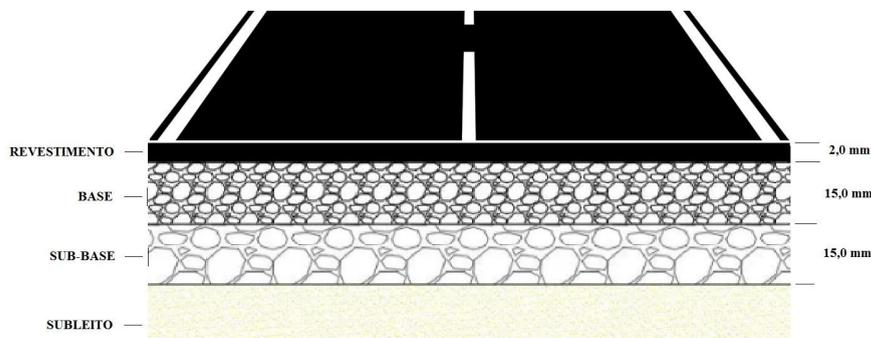
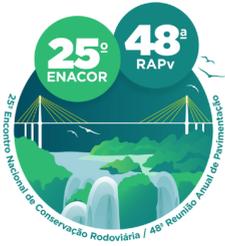


Figura 3. Ilustração das camadas de pavimentação em três camadas simuladas (AUTORES, 2023).



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR
www.rapvenacor.com.br



RESULTADOS E DISCUSSÕES

O solo empregado na pesquisa foi classificado como areia fina e classe AASHTO A-3 e o RPC, como dito anteriormente, foi encaixado na granulométrica de materiais pedregulhosos (material passante na #19,00 mm e retido na # 4,75 mm). A Figura 4 apresenta as distribuições granulométricas do solo coletado no município de Juazeiro do Norte - CE e do RPC. Já a Tabela 1 oferece uma síntese das propriedades geotécnicas básicas do solo.

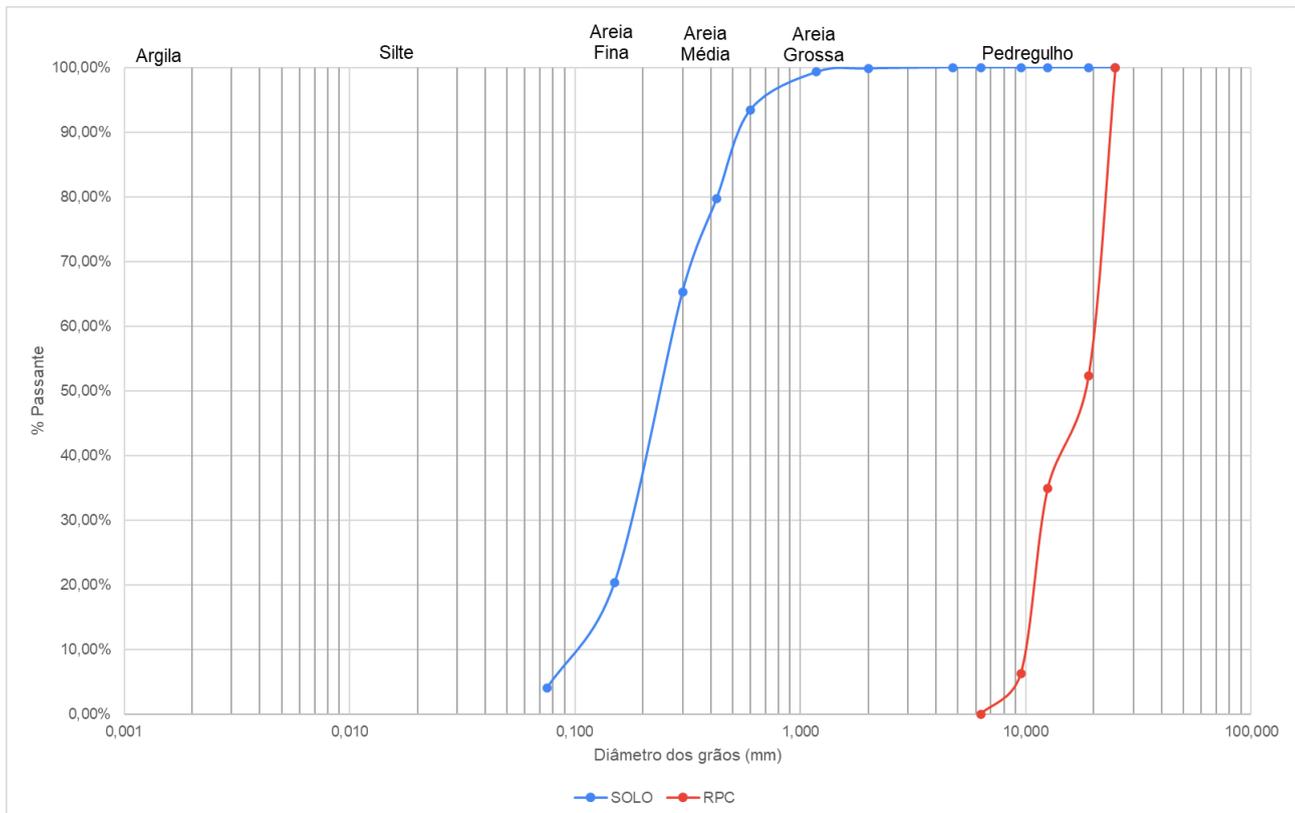
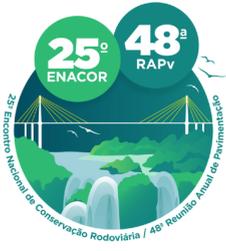


Figura 4. Distribuição granulométrica do solo e do RPC (AUTORES, 2023).

Tabela 1. Parâmetros do solo de Juazeiro do Norte-CE (AUTORES, 2023).

LL (%)	LP (%)	IP (%)	Classificação	Proctor	
			AASHTO	Hót (%)	Υ_{dmax}
15,22	NP	NP	A-3	9,79	2,25

Os resultados obtidos no ensaio de compactação na energia intermediária do Proctor indicaram que a adição de RPC ao solo afeta as propriedades da compactação. Verificou-se que a umidade permaneceu praticamente constante com o aumento do percentual de RPC no solo, enquanto a massa específica seca máxima aumentou para 10% de RPC, como era esperado que ocorresse, e diminuiu para 20% de RPC, possivelmente pela quebra de grão durante a compactação. A Figura 5 expõe as curvas de compactação do solo puro e do solo com 10% e 20% de RPC, possibilitando uma análise comparativa entre os dados obtidos da umidade ótima e massa específica seca máxima.



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br

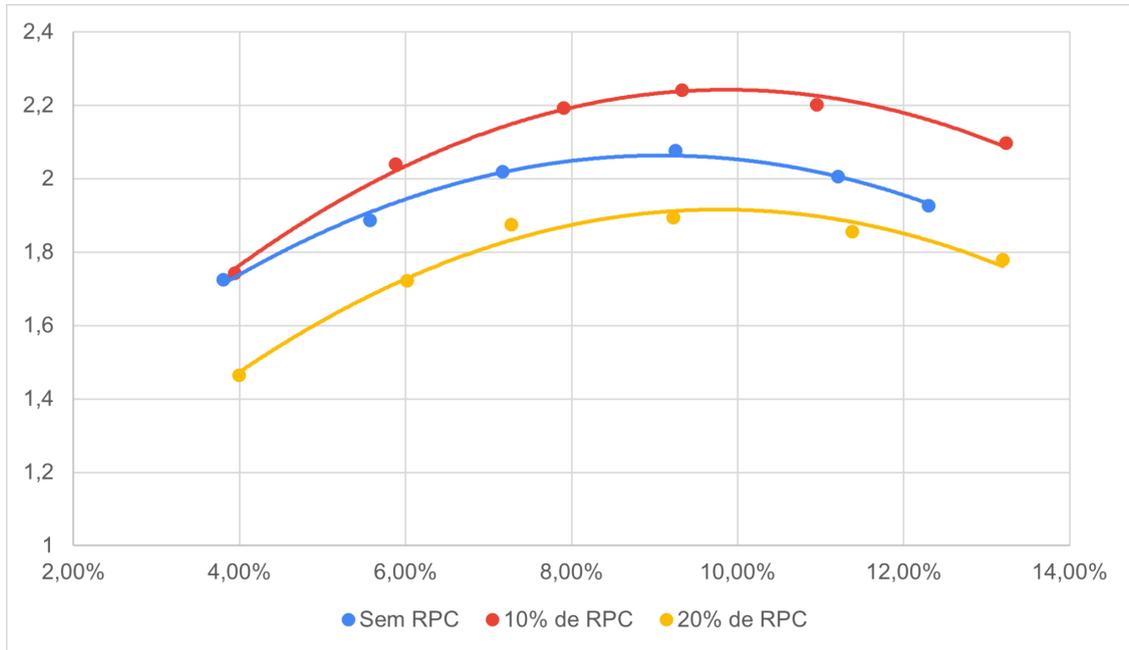


Figura 5. Curvas de compactação do solo puro e solo com adição de 10% e 20% de de RPC (AUTORES, 2023).

A Figura 6 apresenta os corpos de prova após o ensaio de MR com a umidade próxima à ótima. Já as Figuras 7, 8 e 9 demonstram os modelos constitutivos dos três materiais para o modelo elástico não-linear de Pezo (1993).

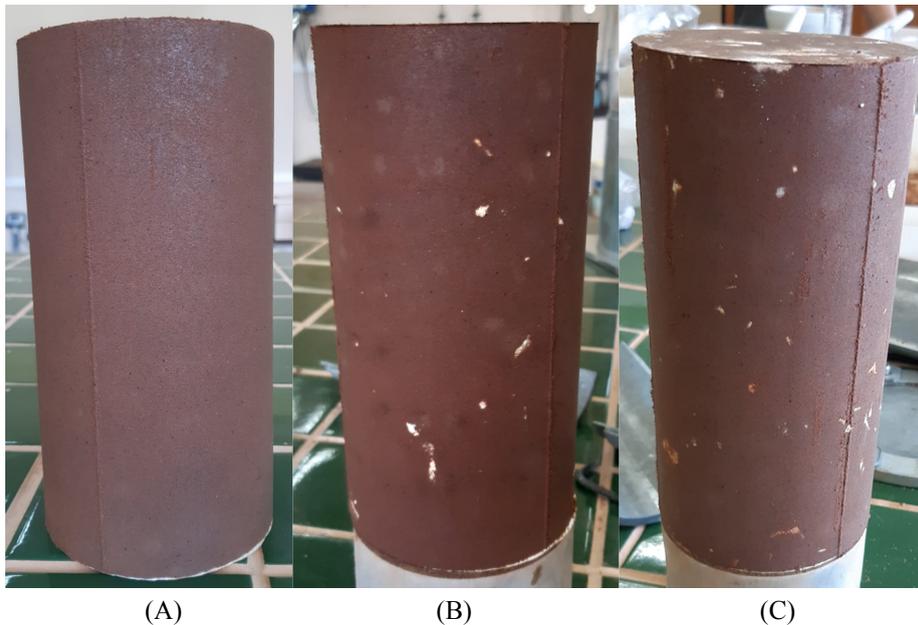


Figura 6. Corpos de prova após o ensaio de MR, com: (A) Sem RPC, (B) 10% de RPC e (C) 20% de RPC (AUTORES, 2023).



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br

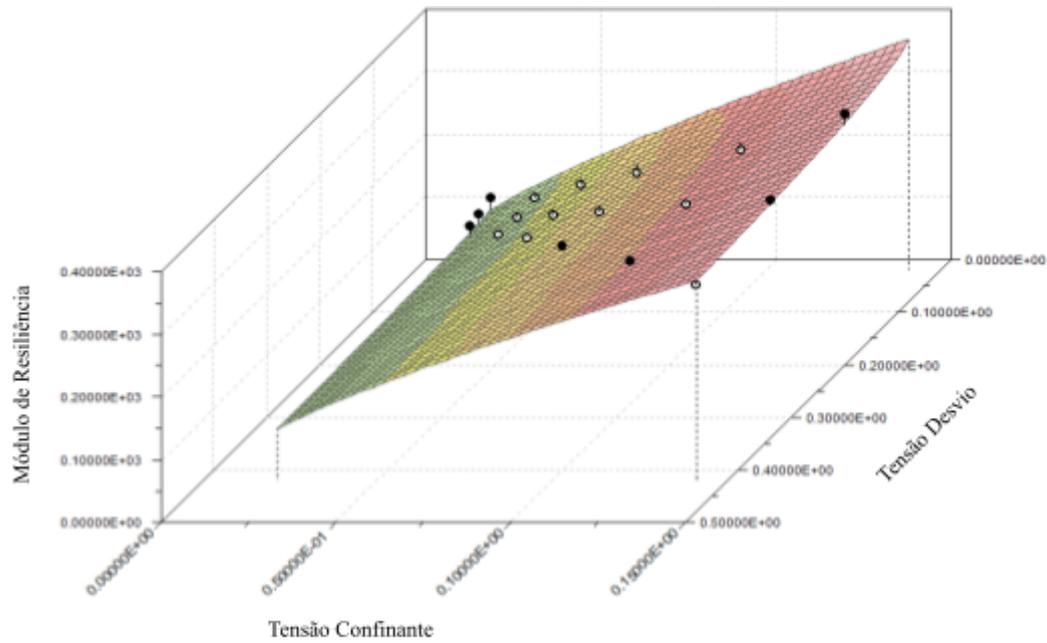


Figura 7. Gráfico da superfície gerada com MR sem RPC (AUTORES, 2023).

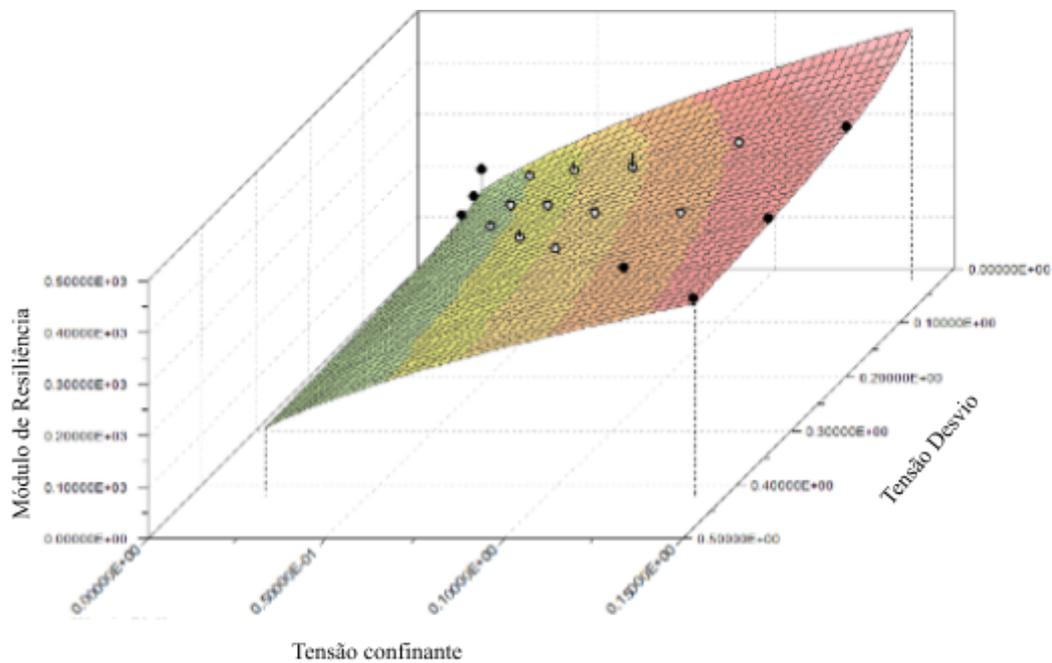
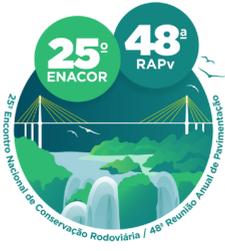


Figura 8. Gráfico da superfície gerada com MR com 10% de RPC (AUTORES, 2023).



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br

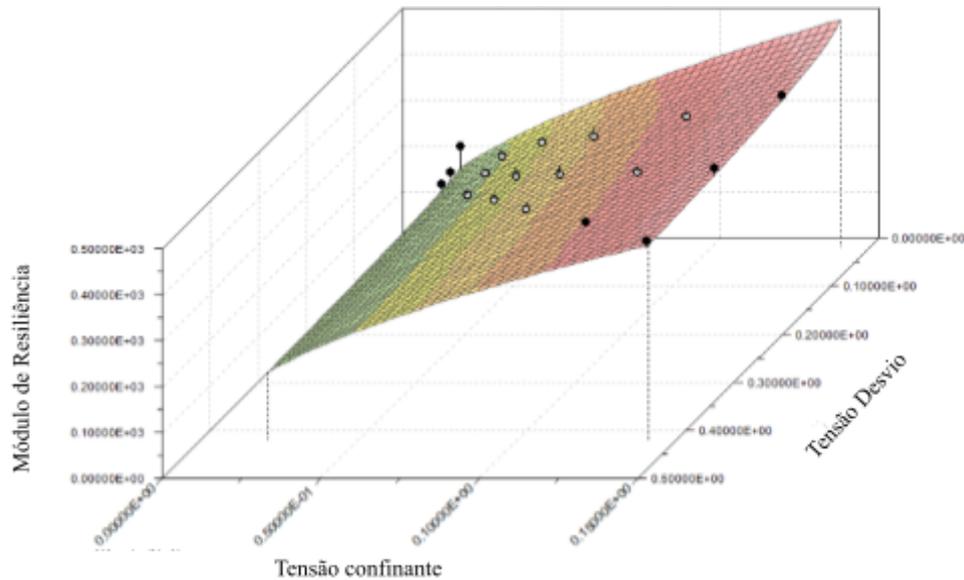


Figura 9. Gráfico da superfície gerada com MR com 20% de RPC (AUTORES, 2023).

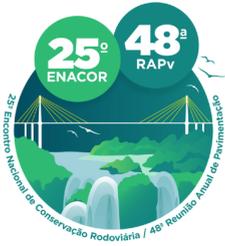
A Tabela 2 expõe as informações dos valores de MR médio e do MR no modelo de Pezo (1993) para o solo puro, solo com 10% e 20% de RPC, os quais foram simulados como materiais de sub-base. Para os coeficientes dos modelos de Deformação Permanente (DP) desses materiais foram adotadas as informações disponíveis no Banco de Dados (BD) do MeDiNa, buscando aqueles cujos materiais mais se aproximaram dos materiais estudados nesta pesquisa, resultando no mesmo modelo de DP do subleito apresentado na Tabela 3.

Tabela 2. Informações dos modelos gerados no software LABfit (AUTORES, 2023).

Modelo	Parâmetro	Sem RPC	10% de RPC	20% de RPC
Linear	MR médio (MPa)	179,26	252,25	275,12
	k1	0,124	0,10	0,12
	k2	0,71	0,55	0,56
	k3	-0,48	-0,91	-0,53
Não Linear (Pezo, 1993)	R ²	0,98	0,95	0,96

Verifica-se na Tabela 2 que a medida que se acrescenta o RPC ao solo, os valores de MR médio sobem, fato este que também foi observado para os 18 pares de tensão da norma DNIT 134/2018-ME e que também podem ser verificados graficamente nas Figuras 7, 8 e 9. Assim, é corroborado a hipótese do aumento de rigidez do solo com o incremento da quantidade de RPC.

A Tabela 3 apresenta as características mecânicas dos materiais considerados para as camadas de base e subleito das estruturas simuladas, conforme dados dos ensaios contidos em Bastos (2013)



19 a 22 de Setembro de 2023
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



para base e Vasconcelos (2018) para subleito. Destaque-se que as equações de DP para as camadas de base e subleito foram retiradas do banco de dados (BD) do MeDiNa, procurando-se utilizar informações dos materiais mais próximos aos estudados por essas duas autoras.

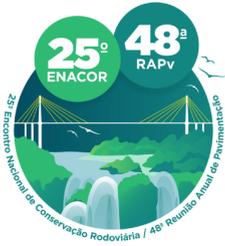
Tabela 3. Informações dos materiais das camadas dos pavimentos simulados. (AUTORES, 2023)

Parâmetros	Camadas		
	Revestimento	Base	Subleito
Material	TSD	Solo-brita (Bastos, 2013)	Solo areno-siltoso não-laterítico (NA') (Vasconcelos, 2018)
Modelo de Pezo (1993) de MR (MPa)	-	$k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$ $k_1 = 1161,357$ $k_2 = 0,530$ $k_3 = -0,296$ $R^2 = 0,74$	$k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3}$ $k_1 = 139,3$ $k_2 = -0,269$ $k_3 = -0,538$ $R^2 = 0,78$
MR _{médio} (MPa)	1000	506	161
Modelo de Deformação Permanente (DP) (Fonte dos coeficientes: Banco de dados do MeDiNa)	-	$k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3} N^{k_4}$ $k_1 = 0,31$ $k_2 = 0,06$ $k_3 = 0,85$ $k_4 = 0,05$	$k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3} N^{k_4}$ $k_1 = 0,57$ $k_2 = 0,71$ $k_3 = 0,27$ $k_4 = 0,05$
		Solo-brita – M5 (LG ⁷)	Solo NA' (s: 1492)
Coefficiente de Poisson (μ)	0,25	0,30	0,45

Para avaliação do desempenho do MR do solo puro e das misturas de solo com 10% e 20% de RPC empregados como materiais de sub-base, foram realizadas várias simulações utilizando o software MeDiNa. Para tanto, foi-se alterando o material da sub-base com as três configurações empregados (solo puro, solo com 10% de RPC e solo com 20% de RPC) e alterando também o modelo constituinte do MR da sub-base entre o resiliente linear e resiliente não-linear. Assim, avaliou-se o ATR gerado pela tensão induzida pelo eixo padrão em vias de baixo volume, conforme relatado na metodologia. A Tabela 4 apresenta os ATRs totais dos pavimentos analisados e, especificamente, o comportamento da camada de subleito.

Tabela 4. Resultados de ATR obtidos no software MeDiNa (AUTORES, 2023)

Modelo	ATR Solo			ATR Solo + 10% RCP			ATR Solo + 20% RCP		
	Sub-base (mm)	Subleito (mm)	Total (mm)	Sub-base (mm)	Subleito (mm)	Total (mm)	Sub-base (mm)	Subleito (mm)	Total (mm)
Linear	1,10	2,93	5,10	1,11	2,91	5,10	1,11	2,87	5,07
Não-linear	1,03	2,87	4,92	1,05	2,85	4,90	1,05	2,81	4,91



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



Ao analisar o comportamento do RPC adicionado ao solo, ficou evidente que ocorreu um melhoramento nos valores de MR. Também foi verificado nos dimensionamentos pelo MeDiNa uma diminuição no ATR total à medida que se adiciona o RPC ao solo usando os modelos constitutivos elástico linear e elástico não-linear. Ficou mais evidente a diminuição do ATR no subleito, mostrando que o aumento da rigidez da sub-base com a mistura de RPC ao solo, ajudou na diminuição da deformação permanente do material mais frágil que compõe o subleito. Isso demonstra que ao adicionar o RPC na mistura com o solo, as propriedades mecânicas do solo serão melhoradas, tornando-o mais resistentes.

CONCLUSÃO

A prática de utilizar resíduos na pavimentação é uma abordagem sustentável que promove a reutilização de materiais, minimizando a utilização de recursos naturais, consequentemente reduzindo os impactos ambientais associados à produção convencional de materiais de pavimentação. Com base nos estudos realizados, é possível constatar que o uso do RPC na pavimentação apresenta viabilidade técnica e ambiental. A utilização desse material na pavimentação contribui para a redução do descarte inadequado dos resíduos, evitando a eliminação no meio ambiente e trazendo uma alternativa sustentável para uma problemática do acúmulo de resíduos provenientes da construção civil. Além disso, a incorporação do RPC na mistura do solo demonstrou melhorias nas propriedades mecânicas, como capacidade de suporte e estabilidade, o que indica que o RPC pode alcançar um papel positivo na resistência e qualidade da pavimentação.

Com os resultados do MR, juntamente com as simulações de dimensionamento simuladas pelo MeDiNa, observou-se que houve uma melhora significativa no comportamento do solo com a adição de RPC em relação ao solo puro. Assim, é possível transformar um problema de resíduos em uma solução construtiva e benéfica tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade. Para trabalhos futuros é sugerida a realização de uma análise mecânica quanto a fadiga.

AGRADECIMENTOS

Os pesquisadores agradecem ao DNIT, a FUNCAP, ao Instituto Federal do Ceará (IFCE) e a Universidade Federal do Cariri (UFCA) pelo financiamento e apoio à pesquisa.

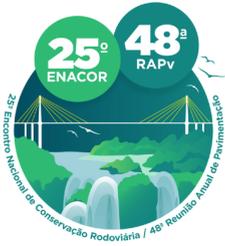
REFERÊNCIAS

ÂNGULO, Sérgio Cirelli; ZORDAN, Sérgio Edurado; JOHN, Vanderley Moacyr. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. São Paulo: SP, 2001.

BASTOS, J.B.S. (2013) Influência da variação da umidade no comportamento de pavimentos da Região Metropolitana de Fortaleza. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

BATISTA, Vanessa de Souza. Potencial do uso de resíduo de mineração de rocha calcária para estabilização de solos expansivos. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 ago.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



BRASILEIRO, Luzana Leite; MATOS, José Milton Elias de. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. *Cerâmica*, v. 61, p. 178-189, 2015.

CARDONA, Milagros Gabriela da Cruz. Descrição taxonômica de cinco novas espécies de Blattodea do Membro Crato, formação Santana, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. 2016. 109 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

JIMÉNEZ, Alejandra María Gómez. Comportamento mecânico de um agregado reciclado a partir de resíduos de construção e demolição submetido a carregamentos cíclicos. Orientador (a): Márcio Muniz De Farias. Tese de Doutorado em Geotecnia. Publicação: Gtd-117/16. BRASÍLIA - DF, 2016.

LIMA, José Lucas Barroso; PINHEIRO, Erika Cristina Nogueira Marques; DE OLIVEIRA, Raquel Paiva. Resíduos de construção civil reaproveitados em obras de pavimentação de vias: Civil construction waste reused in road paving works. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 10, p. 69220-69242, 2022.

MIRANDA, P. S. T. et al. Utilização de pó de pedra cariri em concreto autoadensável. In: *CONSTRUÇÃO* 2018, v. 6, 2018.

MOOSHER, L. Utilização de resíduos sólidos de fundição como matérias-primas para fabricação de blocos de concreto para pavimentação. São Leopoldo, 2013. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós graduação em Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo, 2013.

MORAES, Antônio Higor Mendes et al. Análise ambiental das atividades de mineração da pedra cariri no município de Nova Olinda-CE. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 9, n. 2, p. 57-73, 2020.

MOURA, W. A.; LEITE, M. B.; BASTOS, A. J. O. Avaliação do uso de resíduo de serragem de pedra Cariri (RSPC) para produção de concretos convencionais. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 7-24, jan./mar. 2013.

NEIVA, L. S. et al. Investigação das Potencialidades de Aplicação Industrial Para o Resíduo da Pedra Cariri: Uma Reflexão Sobre Esta Problemática Ambiental e Social. *Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação*, p. 102.

OLIVEIRA, D. B., ALMEIDA, A. F. M., & DE ARAÚJO BARROSO, S. H. O Uso Do Resíduo De Pedra Calcária Laminada Para Emprego Em Camadas Granulares Dos Pavimentos. *XX Congresso Ibero Latinoamericano del Asfalto*, México, 2019.

OLIVEIRA, Diego Bandeira. O uso do resíduo pedra cariri como material alternativo para aplicações em camadas granulares de pavimentos. Orientador(a): Suelly Helena de Araújo Barroso. 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

PADILHA, W. P.; VIDAL, F. W. H.; FERNANDES, T. W. G. Processo de regularização dos calcários do Cariri pelo projeto APL. In: *Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais*, 3, Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 6. Rio de Janeiro, 2007. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. p. 293 – 297.

RIBEIRO, R. C. C.; CORREIA, J. C. G.; SEIDL, P. R.; SOARES, J. B.; VIDAL, F. W. H.; ARAÚJO, L. P. Utilização do calcário do Cariri cearense como agregado mineral em pavimentação asfáltica. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2006. 36p. (Série Tecnologia Mineral,86).

VIDAL, F. W. H.; FERNANDES, T. W. G. Inovação tecnológica para valorização da pedra Cariri - CE. In: *Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais*, 3, Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 6. Rio de Janeiro, 2007. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. p. 298-305.

VIDAL, F.W.H.; PADILHA, M.W.M. A indústria extrativa da Pedra Cariri no Estado do Ceará: Problemas x Soluções. In: *Anais do IV Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste*. Rio de Janeiro: CETEM/SBG, 2003. ISBN:85-7227 190-2. pp. 199-210