

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS GEOTÉCNICOS EM MISTURA DE SOLO E RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO PARA UTILIZAÇÃO EM PAVIMENTAÇÃO

Vitória Goes Pequeno¹

João Guilherme dos Santos Andrade²

Anderson da Conceição Santos Sobral³

Engenharia Civil



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

Diante da necessidade de discutir sobre a pauta sustentabilidade, surgiu a importância de implementar diretrizes para mitigar os impactos ambientais decorrentes dos resíduos da construção civil, conhecidos como Resíduos de Construção e Demolição (RCD). A utilização sustentável de RCD tem implicações financeiras, pois reduz a exploração de novas jazidas, essenciais para a construção de vias urbanas, cuja extração é limitada pela legislação ambiental, e a construção e manutenção de vias urbanas resultam em um consumo substancial de matérias-primas, como solo, retiradas de jazidas naturais. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo geral analisar as características geotécnicas, bem como, o comportamento mecânico de um solo adicionado com RCD. Para a realização da pesquisa foi preciso: coletar o solo seguindo as normas vigentes; realizar ensaios de caracterização geotécnica usando solo natural e com RCD; realizar ensaios de avaliação mecânica dos corpos de prova. A coleta foi executada de acordo com a NBR 9604, ABNT (2020), norma que determina os requisitos para a abertura de poços e trincheiras. O ensaio de caracterização do solo puro foi determinado utilizando a NBR 7181, ABNT (2016), visando o estabelecimento da análise granulométrica do solo realizada por peneiramento. Limite de Liquidez foi obtido a partir da realização das normas contidas na NBR 6459, ABNT (2016), em que determina o teor de umidade no qual o solo passa do estado plástico para o estado líquido. No ensaio de compactação foi determinada a Umidade Ótima (W_{ot}) e a massa específica aparente seca máxima ($Y_d \text{ máx}$), consoante a NBR 7182, ABNT (2016). Na verificação do Índice de Suporte Califórnia foi determinada a resistência do solo em comparação a uma brita padrão, assim como especifica a NBR 9895, ABNT (2016). O

ensaio de compressão simples determinará a resistência à compressão não confinada mediante uma carga axial com controle de deformação, conforme a NBR 7222, ABNT (2010). De acordo com os ensaios de caracterização geotécnicos realizados, o solo em estudo foi classificado como arenoso, com umidade ótima de 14% e peso específico aparente seco máximo de 15,48 kN/m³. Ainda, observou-se que os resultados para expansão variam independentemente da quantidade de RCD adicionada, porém todas as misturas ficaram dentro do limite recomendado de 2% de expansão máxima normatizado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Por conseguinte, nos ensaios de resistência mecânica, foi observado que a adição de RCD influenciou positivamente a resistência do solo e, a melhor combinação de solo e RCD foi aquela com 10% de RCD, que apresentou uma resistência satisfatória nos ensaios de expansão, Índice de Suporte Califórnia e compressão axial não confinada. O solo demonstrou aptidão para uso em camadas de base e sub-base de pavimentação rodoviária, devido às suas características de baixa expansão e resistência satisfatória. A resistência aumentou proporcionalmente à quantidade de RCD adicionada, sendo a proporção ótima identificada como 90% de solo puro e 10% de RCD. Essa composição apresentou desempenho notável nos ensaios de expansão, Índice de Suporte Califórnia (ISC) e compressão axial não confinada.

PALAVRAS-CHAVE

Cidade Sustentável. Mecânica dos Solos. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Faced with the need to discuss the sustainability agenda, the importance of implementing guidelines to mitigate the environmental impacts resulting from construction waste, known as Construction and Demolition Waste (CDW), has emerged. The sustainable use of CDW has financial implications as it reduces the exploitation of new deposits essential for urban road construction, the extraction of which is limited by environmental legislation. The construction and maintenance of urban roads result in a substantial consumption of raw materials, such as soil extracted from natural deposits. Objectives: In light of the foregoing, this study has the overarching objective of analyzing the geotechnical characteristics and mechanical behavior of soil when supplemented with CDW. Methodology: To conduct the research, it was necessary to adhere to the following steps: collect soil following current standards; perform geotechnical characterization tests using natural soil and soil with CDW; conduct mechanical evaluation tests on specimens. Soil collection was executed according to NBR 9604, ABNT (2020), a standard specifying requirements for the opening of wells and trenches. The characterization of pure soil was determined using NBR 7181, ABNT (2016), aiming to establish the particle size analysis of the soil conducted through sieving. The Liquid Limit was obtained following the standards contained in NBR 6459, ABNT (2016), which determines the moisture content at which the soil transitions

from a plastic to a liquid state. In the compaction test, the Optimal Moisture Content (Wot) and the maximum dry bulk density (γ_d max) were determined in accordance with NBR 7182, ABNT (2016). In the verification of the California Bearing Ratio (CBR), the soil's resistance was determined compared to a standard crushed stone, as specified in NBR 9895, ABNT (2016). The simple compression test will determine the unconfined compressive strength under axial loading with deformation control, following NBR 7222, ABNT (2010). Results: According to the conducted geotechnical characterization tests, the studied soil was classified as sandy, with an optimal moisture content of 14% and a maximum dry bulk density of 15.48 KN/m^3 . Additionally, it was observed that expansion results varied independently of the quantity of added CDW; however, all mixtures remained within the recommended 2% maximum expansion limit standardized by the National Department of Transportation Infrastructure (DNIT). Consequently, in the mechanical resistance tests, it was observed that the addition of CDW positively influenced the soil's resistance. The optimal combination of soil and CDW was with 10% CDW, demonstrating satisfactory resistance in expansion, California Bearing Ratio, and unconfined axial compression tests. Conclusion: The soil demonstrated suitability for use in road pavement base and sub-base layers due to its low expansion characteristics and satisfactory resistance. Resistance increased proportionally with the quantity of added CDW, with the optimal ratio identified as 90% pure soil and 10% CDW. This composition showcased notable performance in expansion tests, California Bearing Ratio (CBR), and unconfined axial compression.

KEYWORDS

CDW. Development. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

No contexto atual, muito se discute sobre as pautas de sustentabilidade e meio ambiente. Em vista disso, fez-se necessário a implementação de diretrizes para que assim houvesse uma efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil, conhecidos também como Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Vale ressaltar que essa efetivação foi apontada na Resolução CONAMA nº 307 (2002), mas que ainda é uma problemática recorrente, esse tipo de material está classificado como classe A, ou seja, são reutilizáveis ou recicláveis.

Os Resíduos de Construção e Demolição são entulhos oriundos de demolição de estruturas das mais diversas ordens, desde residência a edifícios e pontes, na maioria das vezes, estes resíduos são um problema de limpeza pública, causando poluição do ambiente. Por causa disso, surgiu a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), onde empresas apontaram essa necessidade de reciclar entulho, de mobilizar e sensibilizar governos e sociedade sobre a problemática do descarte irregular dos resíduos da construção e oferecer soluções sustentáveis para a construção civil em um dos momentos mais importantes

da história para o setor produtivo. Estes resíduos que antes seriam descartados, hoje podem ser reaproveitados de diversas formas e aplicações. Desse modo, surgiu a possibilidade de utilizá-lo nas obras civis (Santos, 2019).

A Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) desenvolveu os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com o intuito de conscientizar a população global sobre temáticas essenciais para a preservação da vida na Terra. Para isso, buscou-se a redução do consumo de recursos não renováveis. Outrossim, entre os diversos objetivos, destacam-se o Objetivo nove, que aborda a sustentabilidade, o Objetivo 11, que trata da inovação de cidades e comunidades sustentáveis, e o Objetivo 12, que enfoca a produção e consumo sustentável. Esses objetivos enfatizam a importância da sustentabilidade, inovação e infraestrutura para alcançar um desenvolvimento sustentável.

A oportuna utilização do RCD influencia diretamente no setor financeiro e sustentável, visto que, um dos aspectos de grande relevância é a redução da exploração de novas jazidas. É de conhecimento geral que a construção e manutenção de vias urbanas acabam, gerando um consumo notável de matéria-prima (solo) que é extraído de jazidas naturais. Todavia, as restrições impostas pela legislação ambiental referente à exploração de recursos naturais têm como consequência escassez e custos altos na aquisição de matérias-primas. Dessa forma, o impacto é sentido de forma expressiva pelo setor de pavimentação das vias, o qual utilizam grandes volumes de recursos naturais, desta forma, a busca por alternativas para substituição destes materiais por outros alternativos ganhou força (Almeida, 2018).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo geral analisar as características geotécnicas, bem como, o comportamento mecânico de um solo adicionado com RCD. Para isso foi preciso: Coletar o solo seguindo as normas vigentes; Realizar ensaios de caracterização geotécnica usando solo natural e com RCD; Realizar ensaios de avaliação mecânica dos corpos de prova.

2 METODOLOGIA

2.1. AQUISIÇÃO DE SOLO

A coleta foi executada de acordo com a NBR 9604, ABNT (2020), norma que determina os requisitos básicos para a abertura de poços e trincheiras, tal como, os processos para a retirada das amostras de solo. Ademais, com a amostra de solo coletada, ocorreu a verificação da sua massa total no laboratório para execução das etapas seguintes.

2.2 REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

2.2.1 Análise Granulométrica

O ensaio de caracterização do solo puro foi determinado utilizando a NBR 7181, ABNT (2016), visando o estabelecimento da análise granulométrica do solo realizada

por peneiramento. Já para o reconhecimento do tamanho das partículas do resíduo será realizado um controle na granulometria para obter melhores resultados, em que o material utilizado nas misturas foi proveniente da amostra passante na peneira de número 10. Será realizado também a classificação granulométrica do RCD de acordo com a técnica de processamento.

2.2.2 Limites de Consistência

O Limite de Liquidez foi obtido a partir da realização das normas contidas na NBR 6459, ABNT (2016), em que determina o teor de umidade no qual o solo passa do estado plástico para o estado líquido. Este teor de umidade será determinado a partir da utilização do aparelho Casa Grande, em que consta o comportamento das amostras à 25 golpes. O Limite de Plasticidade foi determinado utilizando-se da NBR 7180, ABNT (2016), onde foi determinado o teor de umidade em que ocorre a passagem do estado plástico para o semi-sólido. Por meio da moldagem das amostras, poderá observar o comportamento do solo diante do atrito das mãos, perdendo sua umidade, resultando em fissuras.

2.2.3. Ensaios de Compactação

No ensaio de compactação foi determinada a Umidade Ótima (W_{ot}) e a massa específica aparente seca máxima ($Y_d máx$), consoante a NBR 7182, ABNT (2016). Seguindo as instruções da norma, foi adotada a energia de compactação Proctor Normal com golpes de soquete normalizado, em que consiste na divisão da amostra em três camadas com 26 golpes cada. A umidade ótima será obtida com base na curva de compactação, proveniente do peso específico aparente seco versus a umidade da amostra compactada.

2.2.4 Índice de Suporte Califórnia

Na verificação do Índice de Suporte Califórnia foi determinada a resistência do solo em comparação a uma brita padrão, assim como especifica a NBR 9895, ABNT (2016). Seguindo o mesmo padrão da compactação, foi adotada a energia Proctor Normal, realizando cinco camadas com doze golpes, utilizando o soquete de massa na ordem de 4536 +- 10g, especificado na norma. A umidade ótima utilizada para cada amostra foi obtida através do ensaio de compactação e identificado na Tabela 2.

2.3 ENSAIOS DE AVALIAÇÃO MECÂNICA

2.3.1 Compressão Axial não Confinada

O ensaio de compressão simples determinará a resistência à compressão não confinada mediante uma carga axial com controle de deformação, conforme a NBR 7222, ABNT (2010). A amostra utilizada neste ensaio será obtida pelo método de amostra deformada e será compactada com a sua umidade ótima. Ao aplicar a tensão axial com a prensa, passará a cronometrar a deformação da amostra, registrando a sua tensão e, especificamente, o momento da ruptura dela.

2.3.2. Ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral

O presente trabalho aplicou inicialmente a etapa de pesagem dos corpos de prova, e a posterior, instituiu a realização do ensaio. Dessa forma, fez-se necessário o estudo e seguimento dos procedimentos propostos na norma NBR 7222, ABNT (2010), para que o ensaio fosse validado e aplicado de forma precisa para obtenção dos resultados. Esta norma prescreve o método para determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova e testemunhos cilíndricos de concreto e argamassa.

3 RESULTADOS

3.1 Ensaios de caracterização geotécnica.

Por meio destes ensaios foi possível verificar as características do solo escolhido para ser utilizado nesta pesquisa. Analisando os valores obtidos para o material passante nas peneiras selecionadas foi possível identificar o material como arenoso, conforme é possível verificar na que ilustra a curva granulométrica da amostra que apresentou 23,9% areia fina, 59,3% de areia média, 13,8% areia grossa, 3% silte + argila.

De acordo ABNT (2016), um solo por possuir grande parte do material retido na peneira com malha de número 100, com diâmetro de 0,16mm, esta areia pode ser classificada como uma areia fina.

Com o material retirado para analisar a umidade higroscópica foi obtido um valor de 0,30%. Segundo ABNT (2016) este é um valor adequado para o tipo de material estudado, visto que, a areia fina não suporta muita água acrescida.

Ao realizar o ensaio dos limites de consistência foi identificada uma característica do solo, o material analisado foi identificado como Não Plástico (NP), um tipo de solo que se esfarelam com grande facilidade ao tentar moldá-lo, transitando entre os estados levemente plástico e plástico.

Conforme Lima (2005) esse tipo de solo não permite formar um fio de 3mm a 4mm de diâmetro para o ensaio de limite de plasticidade. No ensaio de Limite de Liquidez, não foi possível utilizar a Concha de Casagrande, pois ao homogeneizar o solo com água, o mesmo não alcançava uma consistência suficiente a fim de suportar os 25 golpes exigidos pelo ensaio, desmoronando entre 3 e 5 golpes.

No ensaio de Compactação para a amostra com 100% de solo (A100) foi verificada a umidade ótima (W_{ot}) igual a 14% e o peso específico aparente seco máximo (Y_d max) de 15,48 KN/m³, para realização do ensaio, a umidade ótima presumível considerada foi de 6%, com esta quantidade de água utilizada, o material ficou homogêneo, a ponto de ser possível realizar o ensaio de compactação corretamente. As cinco fases do ensaio foram realizadas, obtendo um acréscimo de volume constante.

Para a segunda mistura com 95% de solo e 5% de RCD (A95), verificou-se uma umidade ótima também de 14% e o peso específico aparente seco máximo, obteve-se um pequeno aumento, registrando agora o valor de 15,48 KN/m³.

Seguindo as demais proporções de estudo, a combinação com 90% de solo e 10% de RCD (A90), foi possível aferir uma umidade ótima de 12%, e um acréscimo de significativo no peso específico aparente seco máximo, apresentando um valor de 20,03 KN/m³.

Para a última combinação, utilizando 85% de solo e 15% de RCD (A85), a mistura não apresentou uma variação no peso específico aparente seco máximo, apresentando 20,8 KN/m³, e manteve a umidade ótima em 12%.

Após a realização da compactação, utilizando todas as proporções de solo-RCD, foi possível identificar o comportamento do solo, com a presença do RCD. Ao passo que aumenta a porcentagem de RCD, os valores de peso específico aparente seco máximo também crescem, desta forma é possível compreender que o RCD concede uma maior estruturação no solo, diminuindo a quantidade de espaços vazios e modificando o volume da amostra, mesmo que o RCD já tenha encontrado seu estado limite último.

Com os valores de umidade ótima, foi possível realizar a próxima fase dos ensaios de caracterização. Seguindo o cronograma, o Índice de Suporte Califórnia (ISC) foi realizado para as quatro amostras, utilizando para a preparação a sua respectiva umidade ótima. O ensaio foi realizado dividido em duas partes, iniciando com as amostras A100 e A95. Após os quatro dias de coleta de dados para o ensaio de expansão foram obtidos os seguintes resultados: para a amostra A100 observou-se 0,16%; para A95 foi obtido 0,04%; para A90 foi registrado 0,752% e para A85 verificou-se 0,08%. Em seguida foi realizado o ensaio do ISC e foram obtidos os resultados expressos na onde a amostra A 100, 9,1%; A95, 14%, 46; A90, 6,65%; A85, 9,11%.

Ao analisar os dados obtidos, percebeu-se que a expansão não segue um padrão, apresentando diversos valores independentemente da quantidade de RCD acrescida. Dentre os resultados, a mistura com menor expansão foi a A95, que apresentou valor de 0,04%. Com relação ao ISC, o menor valor de ISC foi a mistura A90, apresentando 6,65%. Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), os valores recomendados para subleito são de 2% de expansão máxima, sendo assim, todas as misturas ficaram dentro do limite recomendado. Partindo para o ISC, a norma do DNIT (2006) recomenda que o ISC para subleito seja maior ou igual a 2, desta forma, todas as amostras estudadas estão dentro do limite recomendado.

Após obter os resultados referentes ao ensaio do ISC, novos corpos de prova foram montados, a fim de realizar um ensaio de resistência à tração axial. Inicialmente dois corpos de prova, de cada mistura foram moldados, utilizando os valores de umidade ótima previamente encontrados com os determinados ensaios.

Os corpos de prova foram moldados utilizando o método de compactação previsto na NBR 7182 da ABNT (2020), formando dois corpos de prova com as amostras A100, A95, A90, A85 e uma amostra a mais composta por solo e pó de coco. Assim, os corpos de prova foram moldados e postos por 14 dias em cura. Ao término dos 14 dias, os corpos de prova foram transportados para o laboratório de tecnologia da construção, onde foram rompidos com o auxílio da prensa automatizada. Ao aferir a resistência dos corpos de prova, foi possível identificar que existe uma alteração na resistência da composição solo-RCD, com a alteração das quantidades.

As amostras que foram aferidas, possuem a proporção de 5%, aumentando gradativamente, e a amostra de fibra de coco possui 10% de pó de coco. Ao iniciar o ensaio, os corpos de prova apresentaram um comportamento estável, não houveram fissuras ou desagregação. A variação de resistência à compressão axial dos dois primeiros corpos de prova (A100) não tiveram uma variação muito expressiva entre eles, o primeiro resistindo a 0,16 tonelada, o segundo resistindo a 0,15 tonelada.

Diante do acréscimo do RCD, os corpos de prova com a amostra A95 apresentaram uma melhora significativa, quando comparados com a primeira amostra, visto que, alcançou uma resistência de 0,28 tonelada, enquanto o segundo corpo de prova obteve o resultado de 0,30 tonelada.

A amostra A90 obteve os melhores resultados, o primeiro ensaio aferiu a resistência de 0,37 tonelada, enquanto o segundo registrou o valor de 0,29 tonelada. Seguindo para a última amostra de solo RCD, A85, os resultados obtidos foram de 0,33 tonelada no primeiro corpo de prova e de 0,20 tonelada no segundo corpo de prova. O corpo de prova feito com solo e pó de coco, apresentou uma resistência de 0,28 toneladas. Os resultados obtidos estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1 – Resistência à compressão dos corpos de prova

Ensaio	Amostra	Resistência (t)
E01	A100	0,16
E02	A100	0,15
E03	A95	0,28
E04	A95	0,30
E05	A90	0,37
E06	A90	0,29
E07	A85	0,33
E08	A85	0,20
E09	Solo + coco	0,28
E10	Solo + coco	0,28

Fonte: Autores.

Nos ensaios realizados, notam-se resultados significativos no solo com adição do RCD, onde são expressos um aumento na sua estrutura e propriedades mecânicas. A Quadro 01, apresenta a diferença e qual resultado encontrado mediante ao solo de referência, sendo classificado assim em menor, mediana e maior.

O Quadro 1 apresenta as diferenças de cada amostra obtida em relação ao solo de referência, sendo classificada em menor, mediana e maior diferença. Os sinais representam se o teor de RCD aumentou (+) ou diminuiu (-) a propriedade, estudava em cada ensaio, em relação ao solo estudado.

Quadro 1 – Diferença entre as amostras e o solo natural

AMOSTRA	Wot	Ydmax	Expansão	ISC	Resistência
A95	Maior	Menor	Menor	Maior	Menor
A90	Mediana	Mediana	Maior	Menor	Maior
A85	Menor	Maior	Mediana	Mediana	Mediana

Fonte: Autoria própria

propriedades comparadas ou harmonia nos resultados foi A90, com porcentagem de 10% do resíduo de construção e demolição, devido a sua melhor influência em todas as propriedades comparada com as demais. Em suma, todos os dados observados de certa forma ocorreram devido à união das propriedades do solo arenoso com as propriedades do RCD, o que formou um novo composto. Considerando todas as características presentes nos ensaios de caracterização, assim como os resultados obtidos com os ensaios mecânicos, este solo apresentou propriedades que possibilitam sua utilização em bases e sub-base de rodovias, devido a suas características de baixa expansão e resistência satisfatória.

4 CONCLUSÃO

Diante do exposto, foi possível analisar e classificar o solo como arenoso e determinar suas propriedades em relação a limites de consistência como não plástico. Além disso, verificou-se uma umidade ótima igual a 14% e o peso específico aparente seco máximo de 15,48 KN/m³. Considerando todas as características presentes nos ensaios de caracterização, assim como os resultados obtidos com os ensaios mecânicos, este solo apresentou propriedades que possibilitam sua utilização em bases e sub-base de rodovias, devido a suas características de baixa expansão e resistência satisfatória. Porém ao comparar os resultados entre o solo puro e o solo com as misturas do RCD, os resultados obtidos, principalmente de resistência à compressão, foram alterados. A resistência cresce de acordo com a quantidade de RCD presente, porém a melhor combinação aferida deu-se por misturar 90% de solo puro com 10% de RCD. Esta combinação conseguiu apresentar níveis satisfatórios diante do seu comportamento mecânico no ensaio de expansão, ISC e a maior resistência mecânica no ensaio de compressão axial não confinada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Pró-Reitoria de Pesquisa pela concessão da bolsa de iniciação científica do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade Tiradentes e da oportunidade de participação no Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica no ciclo 2022/2023.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9895: **Solo - Índice de Suporte Califórnia** - Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7222: **Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diâmetro de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7182: **Solo – Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7181: **Solo – Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7180: **Solo – Determinação do Limite de Plasticidade**. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6459: **Solo – Determinação do Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro, 2016.

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Entulho**, 2021. Disponível em: <https://abrecon.org.br/entulho/mercado/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

ALMEIDA, J.; ROSA, F. D.; PANDOLFO, A.; BERTICELLI, R.; BRUM, E. M.; MARTINS, M. S. Estudo de viabilidade econômica do uso do agregado de RCD em pavimentação de vias urbanas. **Revista de Engenharia Civil**, 26 mar. 2018. Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n54/Pag.16-25.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2022.

BARRETO, Alisson Cabral. **Desempenho técnico de misturas de diferentes tipos de solos com RCD para uso em obras de pavimentação**. Orientador: Prof. Dr. Enio Fernandes Amorim. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação Em Engenharia Civil) – Universidade federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/29499/1/Desempenhotecnicomisturas_Barreto_2020.pdf. Acesso em: 4 dez. 2022

CERCIE-RJ. **Solo na sala de aula**. Disponível em : [https://extensao.cecierj.edu.br/material_didatico/geo09/popups/consistencia.htm#:~:text=O%20solo%20com%20grande%20plasticidade,\(ligeiramente%20pl%C3%A1stico%20e%20pl%C3%A1stico\)](https://extensao.cecierj.edu.br/material_didatico/geo09/popups/consistencia.htm#:~:text=O%20solo%20com%20grande%20plasticidade,(ligeiramente%20pl%C3%A1stico%20e%20pl%C3%A1stico)). Acesso em: 7 mar. 2023.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil). **Resolução nº 307** de 05/07/2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. 5 jul. 2002. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=98303>. <http://www.geotecnia.ufba.br/arquivos/ensaios/Aula%20de%20Laboratorio%20-%20Roteiro%20-%20Compactacao.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2022.

COOPER, Miguel. **Granulometria e Textura de Solos**. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile/.php/576877/mod_resource/content/1/Aula%201%20-%20Granulometria%20e%20Textura%20do%20Solo.pdf. Acesso em: 8 dez. 2022.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **IPR 719**. Manual de Pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006

LIMA, Marcelo Ricardo. **Experimentoteca de solos, Consistência do Solo**. Disponível em: <http://www.sbcs.org.br/wp-content/uploads/2012/09/experimentotecasolos10.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2022.

OS OBJETIVOS de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. 25 set. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 1 abr. 2023.

SANTOS, Joyce Oliveira; ARAÚJO, Carla Beatriz Costa de; AYRES, Thiago Moura da Costa. Análise da utilização de RCD em obras de pavimentação na Cidade de Fortaleza. **MIX Sustentável**, v. 5, n. 3, p. 65-72, jul. 2019. ISSN 24473073. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2019.v5.n3.65-72>.

ZORZO, Felipe Bernardi; LAZZARI, Fernanda; SEVERO, Eliana Andrea; GUIMARÃES, Julio Cesar Ferro de. Desenvolvimento sustentável e agenda 2030: uma análise dos indicadores brasileiros. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, 8 jun. 2022. Disponível em: <https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistagestaoedesenvolvimento/article/view/3114/3090>. Acesso em: 24 maio 2023.

Data do recebimento: 9 de Março de 2024

Data da avaliação: 15 de Julho 2024

Data de aceite: 11 de Agosto de 2024

1 Acadêmica do curso de Engenharia Civil, Bolsista Iniciação Científica (PROBIC), Universidade Tiradentes – UNIT, Aracaju/SE. E-mail: vitoria.goes@souunit.com.br

2 Acadêmico do curso de Engenharia Civil, Bolsista Iniciação Científica (PROVIC), Universidade Tiradentes – UNIT, Aracaju/SE. E-mail: joao.guilherme00@souunit.com.br

3 Doutor em Geociências; Professor Titular, Universidade Tiradentes – UNIT, Aracaju/SE.
E-mail: sobral.acs@hotmail.com