XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.6/67

Avaliação da influência da trituração na determinação de parâmetros geotécnicos de RCC < 4,75 mm em seu estado natural

Johana Marcela Carmona Wilches
Estudante de Doutorado, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru, Brasil, jmc.wilches@unesp.br

Paloma Santos Wolf de Mattos
Estudante de Graduação, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru, Brasil, paloma.wolf@unesp.br

Roger Rodrigues Augusto
Professor Doutor, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru, Brasil, roger.rodrigues@unesp.br

Giulliana Mondelli
Professora Doutora, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru, Brasil, g.mondelli@unesp.br

RESUMO:
A cidade de Bauru, no estado de São Paulo, possui um sistema integrado para a gestão de resíduos da construção civil (RCC). Entretanto, foram identificadas 16 áreas que, embora não planejadas para esse fim, foram preenchidas com RCC, evidenciando a ausência de diretrizes consolidadas para o reaproveitamento e a destinação adequada desses materiais. Nesse contexto, torna-se necessário compreender os fluxos operados pela usina de processamento Portal Rays, responsável pelos maiores volumes de recebimento e processamento no município. Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo avaliar o comportamento geotécnico do RCC processado quando constituído exclusivamente por partículas < 4,75 mm, sem adição de solo ou de agente estabilizante. O material foi coletado diretamente na usina, em sua condição original, e posteriormente submetido à trituração até a obtenção da fração desejada. Foi conduzido um programa experimental com ensaios de gravimetria, granulometria, compactação e cisalhamento direto, com o objetivo de avaliar o comportamento físico-mecânico do RCC nessa condição. Os resultados indicam que a compactação é fortemente condicionada pela interação entre composição gravimétrica e granulometria, enquanto os ensaios de cisalhamento direto apontam a necessidade de investigações adicionais, especialmente quanto ao papel da fragmentação e à adequação dos critérios de resistência para os RCC.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de construção e demolição (RCD), Materiais reciclados, Comportamento mecânico, Fragmentação, Sustentabilidade.

ABSTRACT:
The city of Bauru, in the state of São Paulo, has an integrated system for construction and demolition waste (CDW) management. However, 16 areas not originally intended for this purpose have been filled with CDW, indicating the lack of consolidated guidelines for proper reuse and disposal. In this context, understanding the material flows at the Portal Rays processing plant, which handles the largest volumes in the municipality, becomes essential. This study evaluates the geotechnical behavior of processed CDW composed exclusively of particles < 4.75 mm, without soil addition or stabilizing agents. The material was collected directly from the plant in its original condition and then crushed to obtain the required fraction. Gravimetric, particle size distribution, compaction, and direct shear tests were performed to assess the physical and mechanical behavior of the material under this condition. Results show that compaction is strongly controlled by the interaction between gravimetric composition and particle size distribution, while direct shear results indicate the need for further investigation, particularly regarding fragmentation effects and the adequacy of strength criteria for CDW.

KEYWORDS: Construction and demolition waste (CDW), Recycled materials; Mechanical behaviour; Fragmentation; Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos de construção civil (RCC) constituem um dos maiores fluxos de resíduos sólidos no mundo. Países como Holanda, Dinamarca e Estônia apresentam taxas de reciclagem consolidadas, variando entre 92% e 98% (Chica-Osorio & Beltrán-Montoya, 2018). No Brasil, a geração de RCC também é significativa: estima-se que em 2024 o país tenha produzido aproximadamente 101 milhões de toneladas (ABREMA, 2025). Esses resíduos são compostos predominantemente por frações minerais, como concreto, argamassa e materiais cerâmicos (Marques Neto & Schalch, 2010). Apesar da existência de diretrizes e instrumentos normativos como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), a Resolução CONAMA 307/2002 e a ABNT NBR 15115/2004, a taxa de reciclagem permanece baixa: apenas cerca de 7,2% em massa (15% em volume) é efetivamente reciclado, e muitas usinas operam aquém de sua capacidade instalada (Ferronato et al., 2023).

No município de Bauru, essa limitação também se evidencia. Entre 2012 e 2024, 16 áreas foram preenchidas com RCC sem critérios técnicos ou diretrizes de valorização, conforme registros do Sistema de Controle de Transporte de Resíduos (SEMMA, 2024). Nesse período, estima-se que o município tenha gerado aproximadamente 4 milhões de toneladas de RCC, das quais apenas 17% foram encaminhadas à usina licenciada de reciclagem, enquanto cerca de 60% foram destinadas a aterros municipais. Esses dados mostram que, apesar do arcabouço legal existente, ainda faltam estratégias operacionais capazes de reinserir o RCC reciclado na cadeia produtiva. Neste contexto, este estudo avalia o comportamento geotécnico do RCC processado pela usina Portal Rays após a etapa de separação, considerando o material tal como é produzido, ainda com a presença de impurezas. O material foi posteriormente submetido à trituração para obtenção da fração composta exclusivamente por partículas < 4,75 mm, sem adição de solo ou agentes estabilizantes. Foram realizados ensaios de granulometria, gravimetria, compactação e cisalhamento direto, com o objetivo de analisar o comportamento do RCC nessa condição e avaliar seu desempenho potencial in situ. Os resultados visam subsidiar futuras aplicações geotécnicas do material, contribuindo para sua valorização e para a reinserção do RCC na cadeia produtiva dentro dos princípios da economia circular.

2 MATERIAIS E METODOS

2.1 Amostragem e Preparação

Os RCC foram previamente triados pela usina Portal Viverde Rays, localizada em Bauru (SP, Brasil), para remoção dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Foram selecionadas 4 pilhas geradas em períodos distintos (junho/2023, setembro/2023, fevereiro/2024 e março/2024), denominadas RCC1–RCC4, sendo RCC1–RCC3 britadas com abertura nominal de 25 mm e RCC4 processada com abertura de 38–50 mm. A amostragem seguiu a ASTM D6009-19, ASTM D4687-14 (2022) e ASTM D5956-21, coletando-se dez subamostras no topo, centro e base de cada pilha, posteriormente homogeneizadas e quarteadas até a obtenção de uma amostra composta de aproximadamente 10 kg, conforme recomendado para partículas < 50 mm. As amostras foram submetidas a trituração no Triturador de Entulho TE2 CSM, 3 CV, até a obtenção da fração passante na peneira 4,75 mm. Essa fração triturada foi utilizada para a moldagem dos corpos de prova utilizados nos ensaios de compactação e cisalhamento direto.

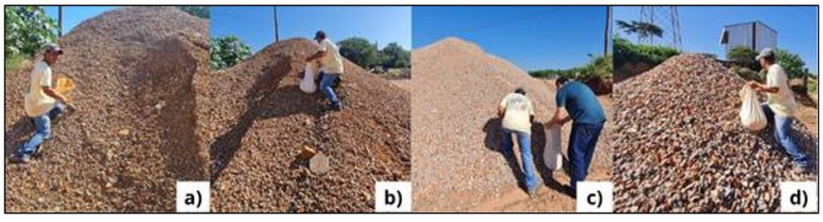


Figura 1. Coleta de amostras no Portal Viverde Rays. (a) RCC 1, (b) RCC 2, (c) RCC 3 e (d) RCC 4. Arquivo pessoal, 08/12/2022.

2.2 Caracterização Granulométrica e Gravimétrica

A granulometria e gravimetria das amostras de RCC foi realizada em duas etapas. Primeiro, a granulometria foi conduzida com o material tal como recebido da usina. O peneiramento a seco seguiu a ABNT NBR 17054, utilizando as peneiras de abertura 25, 19, 12,5, 9,5, 6,3, 4,8, 2,4, 1,2, 0,6, 0,3, 0,15 e 0,075 mm. O material retido foi pesado e utilizado na etapa gravimétrica, conduzida com o RCC em seu estado natural, classificando cada fração de acordo com o tipo de material constituinte. A segunda granulometria foi realizada exclusivamente com a fração passante na peneira de 4,75 mm, obtida após trituração, e as frações inferiores a 2,0 mm de ambas as etapas foram analisadas conforme a ABNT NBR 7181:2016. A massa específica dos sólidos (ρ_s), determinada no material em estado natural, foi de 2,702 g/cm³.

2.3 Compactação dos RCC

O ensaio de Proctor Normal foi realizado nas 4 amostras para determinar a densidade seca máxima (ρd_{max}) e o teor ótimo de umidade (W_{opt}), seguindo a ABNT NBR 7182:2016. O material utilizado foi a fração passante a 4,75 mm. O ensaio foi conduzido exclusivamente com RCC sem adição de solo ou agentes estabilizantes.

2.4 Ensaio de Cisalhamento Direto do RCC

Os ensaios de cisalhamento direto foram realizados nas 4 amostras, de acordo com a ASTM D3080/D3080M-11. As amostras foram ensaiadas em condição parcialmente saturada, ajustadas ao teor ótimo de umidade de compactação (w_{opt}). Foram aplicados esforços normais de 27,6; 55,3; 110,6 e 221,2 kPa, simulando as tensões verticais efetivas *in situ* a profundidades de até ~12 m, considerando peso unitário médio do RCC de 18,4 kN/m³.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização Granulométrica e Gravimétrica

A granulometria dos RCC processados na usina Portal Rays apresentou padrões consistentes para as amostras RCC1, RCC2 e RCC3, com aproximadamente 82% do material > 4,75 mm e apenas 1,3–1,7% < 0,075 mm. Em contrapartida, o RCC4 exibiu um perfil significativamente mais graúdo, com cerca de 98% das partículas > 4,75 mm e apenas 0,3% < 0,075 mm. Embora as partículas dessas 3 amostras sejam mais finas em média (D_{10} menor), apresentam maior dispersão relativa de tamanhos, refletida no maior coeficiente de uniformidade (Cu). Embora o RCC4 possua partículas muito maiores (D_{60} alto), apresenta menor dispersão de tamanhos (Cu baixo), ou seja, as partículas são mais homogêneas, predominando o material graúdo, comportamento consistente com o observado durante a etapa de amostragem.

A fase de trituração refinou a granulometria nas 4 amostras (Figura 2, Tabela 1). A fração > 4,75 mm aumentou de ≈18% para ≈55%, enquanto a fração < 0,075 mm passou de ≈1,5% para ≈12%. O D_{10} diminuiu em todas as amostras, promovendo maior homogeneidade, com destaque para o RCC4, que passou de 19,61 mm para 0,04 mm. O coeficiente de uniformidade (Cu) aumentou, especialmente no RCC4, e os coeficientes de curvatura (Cc) diminuíram para todos os RCC, em faixas de 0,4 a 0,75, indicando que a trituração contribuiu para uma distribuição mais uniforme do material. Este processo, no entanto, não produziu uma quantidade de finos superior ao reportado na literatura, quando raramente excede 26,5% mesmo após processamento (Carmona et al., 2025).

A composição gravimétrica foi obtida a partir das frações separadas na granulometria, com cada grupo de material (concreto, cerâmica, argamassa, metais, plásticos, vidro e outros; Figura 3) identificado, separado manualmente e pesado para determinar a proporção relativa de cada componente nas amostras. A caracterização gravimétrica evidenciou uma clara dominância da fração mineral estrutural (concreto, brita, tijolos/blocos, cerâmicos, argamassa e asfalto), com valores entre 94,57% e 98,65% e elevada estabilidade composicional (média = 97,19%; SD = 1,82%; CV = 1,87%), o que confirma a eficácia do pré-processamento realizado no Portal Rays. A fração não mineral permaneceu abaixo de 6% (1,34–5,42%), mas apresentou alta variabilidade (CV = 64,82%), refletindo a ocorrência episódica de materiais leves e não estruturais. Embora minoritária, essa fração residual possui relevância técnica devido ao seu potencial para afetar a qualidade do

material reciclado, o que justifica seu monitoramento contínuo. Os resultados indicam que a usina opera com desempenho robusto, gerando um RCC de alta pureza e adequado para processos de valorização.

Tabela 1. Parâmetros granulométricos (D_{10}, D_{30}, D_{60}, Cu e Cc) dos RCC1, RCC2, RCC3 e –RCC4: material processado na usina Portal Rays e após a fase de trituração.

Gerador de Médio e Grande Porte (Portal Rays)	D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	Cu	Cc
Material processado na usina					
RCC1	0.75	6.79	10.95	14.68	5.65
RCC2	0.53	6.16	10.15	19.31	7.12
RCC3	0.46	7.34	12.41	26.96	9.43
RCC4	19.61	24.26	30.57	1.56	0.98
Fase de trituração em laboratório					
RCC1	0.05	0.24	2.48	48.06	0.45
RCC2	0.07	0.27	2.54	36.39	0.40
RCC3	0.07	0.30	2.48	37.95	0.55
RCC4	0.04	0.23	1.91	50.02	0.75

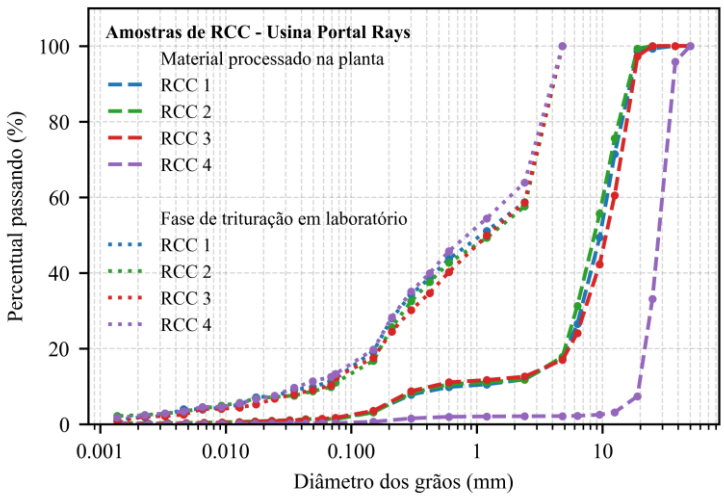


Figura 2. Distribuição granulométrica dos RCC1, RCC2, RCC3 *e* RCC4: estado inicial processado na usina e após fase de trituração em laboratório.

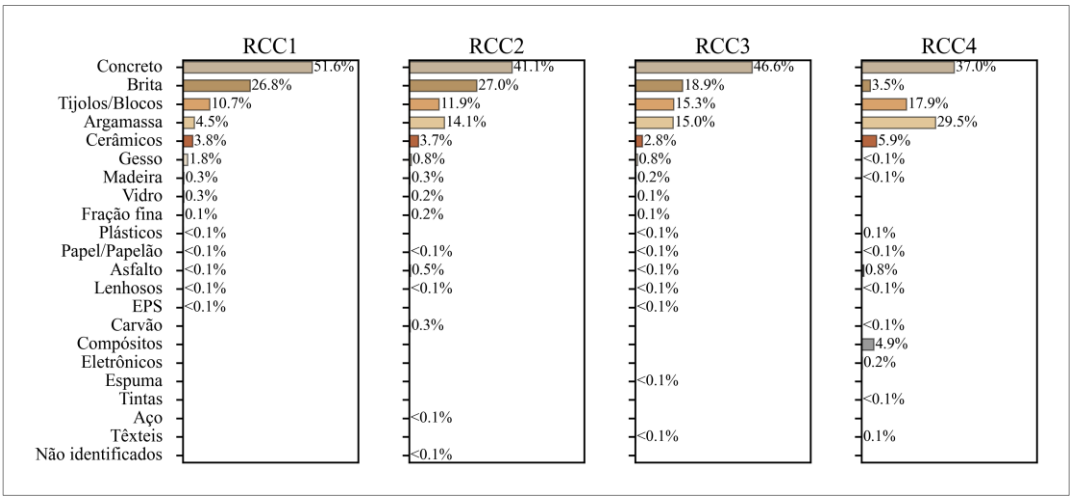


Figura 3. Composição gravimétrica dos RCC provenientes da usina Portal Rays (RCC1 a RCC4).

3.1.1 Comportamento dos RCC sem adição de solo sob energia Proctor Normal

Os resultados de compactação evidenciam comportamentos distintos entre as amostras (Figura 4). As amostras RCC1, RCC2 e RCC3 apresentaram densidades secas máximas (ρ_{dmax}) muito próximas, entre 1,745 e 1,755 g/cm³, associadas a umidades ótimas (W_{opt}) de 14,8% a 15,5%. Essa semelhança indica que a proximidade entre suas composições gravimétricas e distribuições granulométricas resulta em respostas de compactação praticamente equivalentes sob a energia Proctor Normal. Já o RCC4 apresentou ρ_{dmax} significativamente inferior (1,665 g/cm³) e W_{opt} mais elevada (17,4%), refletindo um comportamento mecânico diferenciado, associado justamente a essas variáveis.

A composição gravimétrica do RCC4 explica grande parte desse comportamento singular. Diferentemente das demais amostras, o RCC4 apresenta o menor teor de concreto, material mais denso, rígido e resistente à fragmentação, e proporções substancialmente maiores de bloco cerâmico, cerâmica e argamassa, frações mais porosas e estruturalmente frágeis (Figura 2). Embora inicialmente mais graúdo antes da etapa de trituração, esse conjunto de materiais tornou o RCC4 muito mais propenso à fragmentação, gerando uma quantidade superior de partículas finas. Consequentemente, observou-se uma alteração mais acentuada na sua distribuição granulométrica, e a combinação entre composição gravimétrica e maior geração de finos resultou diretamente no comportamento mecânico observado. O aumento de finos elevou a demanda de água necessária para favorecer o contato e o rearranjo das partículas, refletindo-se em W_{opt} mais alta e ρ_{dmax} mais baixa. Assim, o comportamento do RCC4 é plenamente consistente com sua composição e com o padrão típico de materiais cerâmicos e argamassas submetidos à fragmentação progressiva.

Ao comparar os resultados obtidos com informações disponíveis na literatura, observa-se que as amostras RCC1 e RCC3, mesmo sem adição de solo, apresentaram densidades secas máximas próximas ao limite inferior relatado por Mujtaba et al. (2013) para materiais classificados como areia bem graduada com silte (SW/SM) sob Proctor Normal (ρ_{dmax} entre 1,76 e 1,96 g/cm³), servindo aqui apenas como referência comparativa.

Como exemplo adicional de comparação, os solos naturais avaliados por Mujtaba et al. (2013) apresentaram umidades ótimas relativamente baixas (11,5–12,5%) sob Proctor Normal. No mesmo sentido, os RCC analisados neste estudo exibiram W_{opt} mais elevadas (14,8–17,4%), resultado coerente com suas características microestruturais e mineralógicas. Fragmentos de concreto, argamassa e cerâmica apresentam matrizes minerais porosas e maior angularidade e rugosidade superficial, o que aumenta a absorção de água e, consequentemente, a umidade ótima requerida para atingir a densidade máxima na compactação (Barrios et al., 2021).

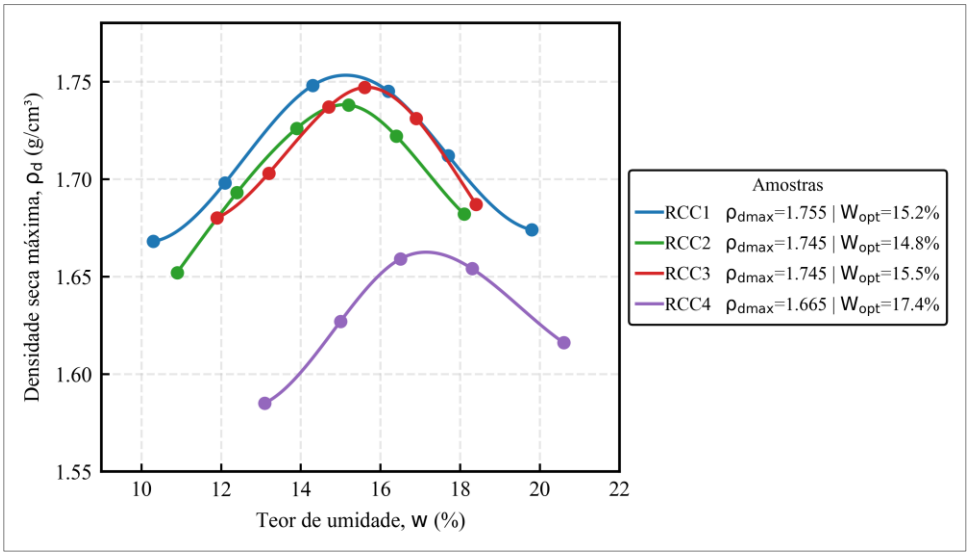


Figura 4. Comportamento das amostras de RCC < 4,75 mm compactadas após a fase de trituração, sem adição de solo, sob energia Proctor Normal.

3.1.2 Cisalhamento direto

Os resultados dos ensaios de cisalhamento direto das 4 amostras de RCC, sem adição de solo e submetidas a tensões normais entre ≈27 kPa e ≈221 kPa, são apresentados na Figura 5. A figura mostra os parâmetros de resistência calculados pelo critério de Mohr–Coulomb, incluindo os valores de c' e φ' obtidos para cada amostra, além de um ajuste não linear baseado em lei de potência, que será discutido subsequentemente.

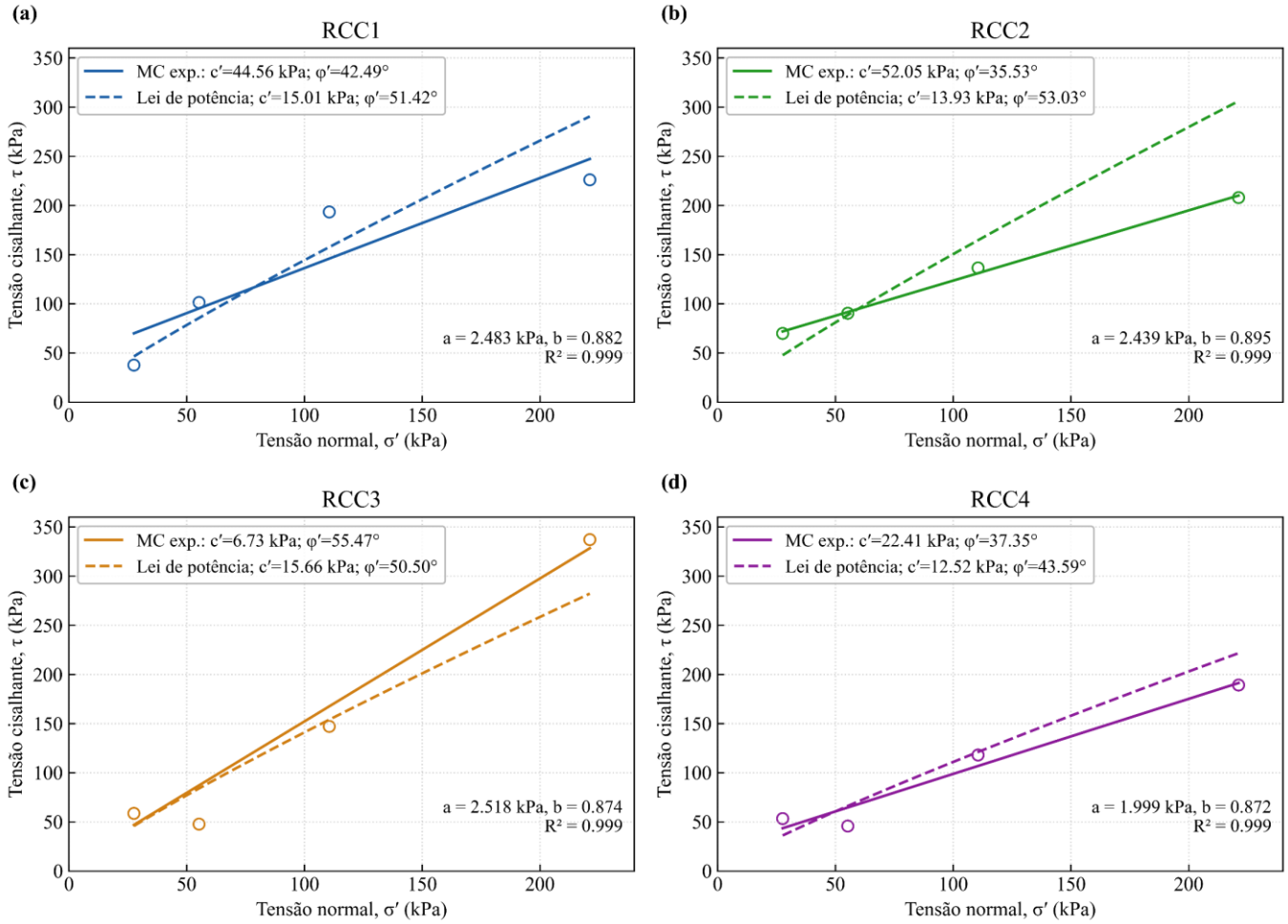


Figura 5. Cisalhamento direto das amostras RCC1 a RCC4 trituradas, submetidas a tensões normais semelhantes, com ajustes pelos critérios de Mohr–Coulomb (MC exp.) e lei de potência.

Os ensaios de cisalhamento direto apresentaram variação expressiva no ângulo de atrito interno, com valores entre 35° e 55°, amplitude compatível com a natureza friccional do RCC. Em contraste, as coesões aparentes (c′) variaram entre 6,8 kPa e 52 kPa, valores considerados elevados para um material predominantemente granular. Faixas semelhantes já foram documentadas por Arulrajah et al. (2013) e Yosri et al. (2024), incluindo registros de coesões muito superiores chegando a 187 kPa sob teores de umidade próximos dos adotados neste estudo. Esse comportamento variável do RCC reforça que múltiplas variáveis já descritas na literatura, tais como, alterações granulométricas decorrentes da trituração, fragmentação progressiva das partículas, rearranjo interno durante o cisalhamento, teor de finos, umidade e grau de compactação que podem modificar significativamente o desempenho do material reciclado, conforme discutido por Xu (2018) e Yosri et al. (2024).

Diante disso, buscou-se avaliar se, mantendo constante o grau de compactação na umidade ótima e aplicando tensões normais semelhantes, a trituração permitiria obter padrões consistentes de resistência entre diferentes lotes. No entanto, os resultados mostraram que o ajuste pelo critério de Mohr–Coulomb não produziu parâmetros adequados para o RCC.

Como alternativa exploratória, avaliou-se um modelo não linear do tipo lei de potência ($\tau = a \cdot \sigma^b$), fundamentado na formulação aplicada in situ por Xu (2019). Nessa abordagem, o parâmetro b indicou a sensibilidade da resistência ao aumento da tensão normal; nos RCC analisados, variou entre 0,872 e 0,895, descrevendo um comportamento, em que o incremento de resistência reduz conforme aumenta σ'. O uso da lei de potência permitiu estimar parâmetros equivalentes de Mohr–Coulomb mais compatíveis com a natureza predominantemente friccional do RCC, resultando em coesões reduzidas ($c' = 12–16$ kPa) e ângulos de atrito razoáveis ($\varphi' = 44–53°$). Esses valores se alinham ao intervalo reportado em ensaios triaxiais drenados (37–53 kPa) conforme indicado por Arulrajah et al. (2013), no entanto, a tendência de obtenção de coesões relativamente altas em RCC deve ser interpretada com cautela, pois esses valores refletem sobretudo um efeito aparente. A presença de argamassa aderida e a angularidade das partículas intensificam o intertravamento, influenciando diretamente o intercepto obtido no ajuste linear de Mohr–Coulomb Conforme (Arulrajah et al., 2013). Assim, parte da coesão estimada não corresponde a um comportamento verdadeiramente coesivo, mas ao modo como a estrutura das partículas recicladas responde ao cisalhamento, motivo pelo qual esses parâmetros devem ser analisados com prudência

Importa destacar que a aplicação da lei de potência possui caráter estritamente exploratório. Os resultados não devem ser interpretados como parâmetros finais, mas como indicações preliminares de que (i) o nível de trituração, (ii) o rearranjo estrutural durante o cisalhamento e (iii) a possível não linearidade da envoltória poderiam exercer influência relevante no comportamento do RCC. Ensaios adicionais são necessários para verificar essas hipóteses sob diferentes condições de umidade, compactação e carregamento.

4 Conclusões

A trituração modificou de forma mensurável a fração fina e o padrão de graduação dos RCC, evidenciando a sensibilidade do material ao processamento mecânico e resultando em incrementos de finos da ordem de até 12%. Os RCC avaliados, mesmo sem adição de solo, apresentaram resposta de compactação compatível com a de materiais granulares, ainda que demandando teores de umidade mais elevados para atingir densidades adequadas. A composição gravimétrica mostrou influência determinante no desempenho mecânico, confirmando que a interação entre granulometria, gravimetria, e grau de compactação controlam o comportamento macroscópico do material. Nos ensaios de cisalhamento direto, observou-se um comportamento essencialmente friccional, com coesão aparente alta. Enquanto o critério linear de Mohr–Coulomb não representou adequadamente os dados, a lei de potência forneceu parâmetros mais coerentes com o comportamento observado. Esses achados, ainda exploratórios, indicam a necessidade de estudos futuros que integrem diferentes níveis de trituração, estados de compactação e trajetórias de tensão, combinados a uma caracterização mineralógica mais abrangente, de modo a aprimorar a compreensão da resistência ao cisalhamento dos RCC sem adição de solo e esclarecer as possíveis variações de parâmetros em um material naturalmente heterogêneo como este.

5 Agradecimentos

Agradecemos ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação da Colômbia (MINCIENCIAS) pelo apoio financeiro, à Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Campus de Bauru pelo suporte técnico, e à Portal Rays pela colaboração durante o desenvolvimento deste trabalho.

Referências bibliográficas

Arulrajah, A.; Piratheepan, J.; Disfani, M. M.; Bo, M. B. (2013). Geotechnical and geoenvironmental properties of recycled construction and demolition materials in pavement subbase applications. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 25(8), 1077–1088. https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000652

Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984). NBR 6508. Solo — *Determinação da massa específica de grãos que passam na peneira de 4,8 mm*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004). NBR 15115. *Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil — Execução de camadas de pavimentação — Procedimentos.* Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2016). NBR 7181. *Solo — Análise granulométrica.* Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2022). NBR 17054. *Agregados — Determinação da composição granulométrica — Método de ensaio*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA) (2025). *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2025 (dados referentes a 2024)*. Disponível em: https://static.poder360.com.br/2025/12/panorama-2025.pdf Acesso em: 3 mar. 2026.

ASTM International (2011). ASTM D3080/D3080M-11. *Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions.*

ASTM International (2011). ASTM D5956-02 (2011). *Standard Guide for Sampling Strategies for Heterogeneous Wastes*. West Conshohocken, PA.

ASTM International (2019). ASTM D6009-19. *Standard Guide for Sampling Waste Piles.* West Conshohocken, PA.

ASTM International (2022). ASTM D4687-12(2022). *Standard Guide for General Planning of Waste Sampling.* West Conshohocken, PA.

Barrios, A. M.; Vega, D. F.; Martínez, P. S.; Atanes-Sánchez, E.; Fernández, C. M. (2021). Study of the properties of lime and cement mortars made from recycled ceramic aggregate and reinforced with fibers. *Journal of Building Engineering*, 35, 102097.

Carmona Wilches, J. M.; Rodrigues, R. A.; Mondelli, G. (2025). Overview of the laboratory tests for geoenvironmental characterisation of construction and demolition waste. *Environmental Science and Pollution Research*. DOI: 10.1007/s11356-025-36351-1.

Chica-Osorio, L. M.; Beltrán-Montoya, J. M. (2018). Demolition and construction waste characterization for potential reuse identification. *Revista DYNA*, 85(206), 338–347.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002). Resolução nº 307. Brasília.

Ferronato, N.; Moresco, L.; Guisbert Lizarazu, G. E.; Gorritty Portillo, M. A.; Conti, F.; Torretta, V. (2023). Comparison of environmental impacts related to municipal solid waste and construction and demolition waste management and recycling in a Latin American developing city. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(4), 8548–8562.

Lei nº 12.305 (2010). Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília.

Marques Neto, J. C.; Schalch, V. (2010). Gestão dos resíduos de construção e demolição: estudo da situação no município de São Carlos-SP, Brasil. *Revista Engenharia Civil – Universidade do Minho*, 36, 41–50.

Mujtaba, H.; Farooq, K.; Sivakugan, N.; Das, B. M. (2013). Correlation between gradational parameters and compaction characteristics of sandy soils. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 7(4), 395–401.

SEMMA – Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Bauru (2024). Relatório de áreas receptoras de resíduos da construção civil. Bauru: SEMMA.

Xu, Y. F. (2018). Shear strength of granular materials based on fractal fragmentation of particles. *Powder Technology*, 333, 1–8.

Xu, Y. F. (2019). In-situ shear strength of compacted demolition waste. *Powder Technology*, 352, 7–15.

Yosri, A.; Azam, A.; Alanazi, F. K.; Alshehri, A. H.; demais autores. (2024). Shear strength and particle breakage of construction and demolition waste as a function of moisture state and compaction level: Insights for sustainable highway engineering. *PLOS ONE*, 19(3). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298765