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/COBRAMSEG2026.6/115

Resistência ao Cisalhamento Direto de Solo Reforçado com Fibra PRFV: Análise e Efeito de Escala

Laís de Castro Nascimento
Discente, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, lais_castro003@hotmail.com

Marianna Dias Presoti Vicentini
Discente, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, mariannadias21@gmail.com

Bianca da Silva Andrade
Discente, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, bianca.andradedm@gmail.com

Júlia Righi de Almeida
Professora, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, julia.righi@ufjf.br

Cátia de Paula Martins
Professora, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil, catia.martins@ufjf.br

RESUMO: A técnica de melhoramento das propriedades mecânicas do solo com a adição de resíduos fibrosos surge como uma proposta para mitigar os impactos ambientais causados por sua disposição inadequada e para promover o reforço do solo. Esta pesquisa busca analisar a influência da mistura solo-fibra e o efeito de escala na resistência ao cisalhamento de um solo residual argiloso em mistura com Polímero Reforçado de Fibra de Vidro (PRFV). A partir da compactação do solo com teor de 0,5% de fibra PRFV, na Energia Proctor Normal, a amostra de solo-fibra foi moldada utilizando o molde retangular, com dimensões de 10 cm x 10 cm, e realizado o ensaio de cisalhamento direto conduzidos sob quatro diferentes níveis de tensão normal (25, 50, 100 e 200 kPa). Os resultados obtidos mostram que há redução dos parâmetros de resistência da mistura solo-fibra com 0,5% de PRFV comparados com aqueles obtidos para o solo puro, isso pode ser atribuído à influência do comprimento, do teor e da distribuição das fibras. Além disso, houve efeito de escala em relação às dimensões dos corpos de prova desta pesquisa comparados ao de Silva (2024) o qual utilizou molde circular com 6 cm de diâmetro. O ensaio de cisalhamento direto apresenta limitações devido seu plano de ruptura pré-definido, o que pode influenciar o comportamento das fibras. Por fim, destaca a necessidade da continuidade deste estudo para analisar o comportamento da mistura solo-fibra com 0,5% de PRFV por meio de ensaios de resistência a compressão simples e triaxial.

PALAVRAS-CHAVE: Fibra PRFV, Resistência ao Cisalhamento, Solo Residual Argiloso, Efeito de Escala.

ABSTRACT: The technique of improving soil mechanical properties with the addition of fibrous residues emerges as a proposal to mitigate the environmental impacts caused by their inadequate disposal and to promote soil reinforcement. This research seeks to analyze the influence of the soil-fiber mixture and the scale effect on the shear strength of a residual clayey soil mixed with Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP). Starting from the compaction of the soil with a 0.5% GFRP fiber content, at the Standard Proctor Energy, the soil-fiber sample was molded using a rectangular mold with dimensions of 10 cm x 10 cm, and the direct shear test was conducted under four different levels of normal stress (25, 50, 100 and 200 kPa). The results obtained show that the reduction in the strength parameters of the soil-fiber mixture with 0.5% GFRP compared to those obtained for the pure soil can be attributed to the influence of the length, content and distribution of the fibers. Furthermore, there was a scale effect in relation to the dimensions of the specimens in this research compared to that of Silva (2024), which used a circular mold with a diameter of 6 cm. The direct shear test has limitations due to its predefined rupture plane, which can influence the behavior of the fibers. Finally, it highlights the need for the continuation of this study to analyze the behavior of the soil-fiber mixture with 0.5% FRP through simple compression and triaxial strength tests.

KEYWORDS: FRP fiber, Shear strength, Residual clay soil, Scale effect.

1 INTRODUÇÃO

O solo é fundamental para o suporte e estabilidades das obras de Engenharia Civil, porém por ser um material natural e heterogêneo pode não apresentar propriedades adequadas para atender determinada aplicação em campo.

Diante desta problemática, os estudos de técnicas para o melhoramento das propriedades do solo tornam-se relevantes, sendo uma das alternativas a adição de fibras ao solo para atuarem como reforço. De acordo com Trindade et al. (2004), a adição de fibras promove a melhoria da resistência à tração, contribuindo para o ganho das propriedades mecânicas do solo, apontando então a aplicação esta técnica como uma alternativa promissora em obras de Engenharia Civil. Segundo Rocha (2019), as fibras ao serem inseridas ao solo contribuem para a resistência ao cisalhamento, formando pontes de transferências que absorvem as solicitações, favorecendo a maior redistribuição das fissuras e aumentando a ductilidade do material.

Com isso, o reforço de solo com adição de resíduos fibrosos tem sido avaliado por diversos estudos (Casagrande, 2005;Feuerharmel, 2000; Lucarelli 2018; Gantus-Oliveira, 2023; Rocha, 2019; Teodoro,1999) que demonstram a alteração da resistência do material. Merville (2024) observou em sua pesquisa que o comportamento solo-fibra depende de diversos fatores como solo, tipo de fibra, comprimento e teor de fibras, sendo então necessário realizar estudos para verificar o comportamento solo-fibra frente à resistência e as possíveis aplicações em campo. Além disso, o uso de resíduos como reforço de solo, apresenta–se como uma alternativa sustentável, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado e acúmulo de resíduos (Borssato,2025; Lucarelli, 2018; Silva,2023).

De acordo com Consoli et al. (2005), os parâmetros de resistência podem diferir para corpos de prova moldados com diferentes dimensões, atribuindo o efeito de escala, o que se torna ainda mais relevante em solos reforçados com fibras uma vez que o comportamento mecânico depende da distribuição e interação solo-fibra. Feuerharmel (2000) e Teodoro (1999) defendem a hipótese de que corpos de prova com menores dimensões tendem a ser menos representativos da mistura e possuir menor número de fibras interceptando o plano de ruptura, o que pode limitar a mobilização do mecanismo de reforço, resultar em maior variabilidade e levar à subestimação da resistência. Por outro lado, Casagrande (2005) e Consoli et al. (2005), apontam que a moldagem de corpos de prova com maiores dimensões favorece a melhor distribuição das fibras, aumentando a probabilidade da mobilização de esforços de tração, levando a resultados mais representativos do comportamento da mistura. Assim, pode-se inferir que o tamanho do corpo de prova não é apenas um detalhe, mas uma variável do estudo experimental.

Neste contexto, o aproveitamento de resíduos fibrosos do tipo Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) surge como uma proposta sustentável ao ser utilizado como reforço de solo. Sendo assim, o presente artigo objetiva analisar os resultados obtidos no ensaio de cisalhamento direto para a mistura solo-fibra com teor de 0,5% de fibra PRFV, utilizando molde retangular com dimensões 10 x 10 cm, e avaliar o efeito de escala ao compará-los à pesquisa de Silva (2024), que fez uso do molde circular com 6 cm de diâmetro.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

2.1.1 Solo

O solo utilizado neste estudo foi coletado na cidade de Juiz de Fora - MG, em um talude próximo à Pró-Reitoria de Infraestrutura da Universidade Federal de Juiz de Fora (PROINFRA – UFJF).

De acordo com os ensaios de caracterização realizados por Barletta (2021), o solo apresenta a seguinte composição granulométrica: 57,1% de fração argila, 33,6% de areia (sendo 15,6% de areia fina, 13,9% média e 4,1% grossa), 8,4% de silte e 0,9% de pedregulho. E, ainda, obteve para o solo o Limite de Plasticidade (LP) de 29%, o Limite de Liquidez (LL) de 52% e a massa específica dos grãos igual a 2,81 g/cm³. Já o ensaio de compactação na Energia Normal apontou os valores de massa específica seca máxima de 1,54 g/cm³ e teor de umidade ótimo de 26,8%.

No que se refere à resistência ao cisalhamento do solo, Abrantes (2022, *apud* Silva, 2024) obteve ângulo

de atrito (φ) de 35,2° e intercepto coesivo (c') igual a 17,9 kPa. A Figura 1 mostra as curvas de tensão cisalhante versus deslocamento horizontal e a envoltória de resistência.

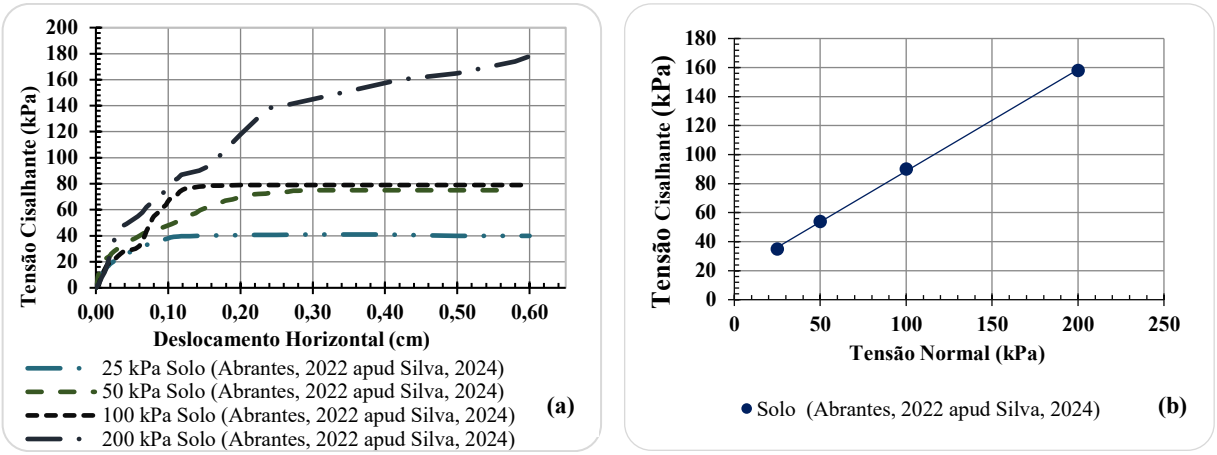


Figura 1 – Resistência ao cisalhamento do solo :(a) Curvas de tensão cisalhante versus deslocamento horizontal; e (b) Envoltória de Resistência (Fonte: Adaptado de Abrantes (2022) *apud* Silva (2024))

2.1.2 Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro

O resíduo utilizado é o Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV), proveniente da produção de caixas d'água, disponibilizado pela empresa Fribrasil, localizada em Lavras-MG. O material apresenta-se em formato de filamentos, com comprimento predominante de 17 mm, largura inferior a 1 mm, agrupados de forma aleatória (Figura 2a)

2.1.2 Mistura Solo-Fibra

O teor de fibra utilizado neste estudo foi de 0,5% de fibra PRFV a em relação à massa total seca da mistura. Para a compactação dos corpos de prova da mistura solo-fibra PRFV, adotou-se os parâmetros de compactação desta mistura à Energia Normal obtidos por Silva (2024) em sua pesquisa, sendo a umidade ótima igual a 25,18% e a massa específica aparente seca máxima de 1,564 g/cm³.

2.2 Métodos

2.2.1 Preparação da Fibra

As fibras PRFV foram separadas manualmente (Figuras 2a e 2b) e, em seguida, foi verificado o comprimento predominante igual a 17 mm. Com base nesta observação, foi definido o uso da fibra com o referido comprimento para preparo da mistura.

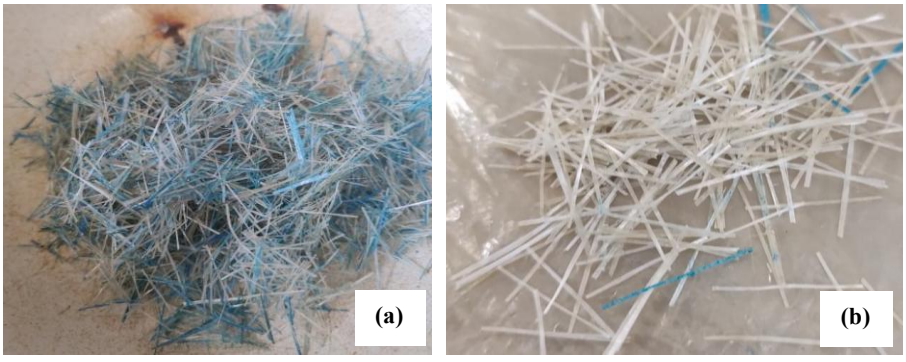


Figura 2. Resíduo PRFV: (a) Fibra PRFV agrupada de forma aleatória; e(b) Fibra PRFV separada manualmente (Fonte: Autor, 2026)

2.2.2 Preparação da Amostra de Solo

Primeiramente, a amostra de solo foi coletada e disposta em bandejas para secagem ao ar. Após atingir a umidade higroscópica, o solo foi preparado conforme a NBR 6457 (ABNT, 2024), com vistas à realização do ensaio de compactação. A mistura solo-fibra PRFV foi homogeneizada para o teor de umidade ótimo de 25,18%, valor obtido por Silva (2024). A compactação dos corpos de prova para ensaios posteriores seguiu o procedimento da norma NBR 7182 (ABNT,2025), na Energia Normal e utilizando cilindro grande com dimensões de 15,22 cm de diâmetro e 17,37 cm de altura.

2.2.4 Ensaio de Resistência ao Cisalhamento Direto

Os corpos de prova para o ensaio de resistência ao cisalhamento direto foram moldados com uso do molde retangular, dimensões de 10 x 10 cm, a partir da mistura solo-fibra compactada na umidade ótima de 25,18%, no cilindro grande e na Energia Normal.

Na sequência, realizou–se o ensaio de resistência ao cisalhamento direto de acordo com as especificações da norma ASTM D3080 (ASTM, 2023). Foram ensaiados quatro corpos de provas, submetidos às tensões normais iguais a 25 kPa, 50 kPa, 100 kPa e 200 kPa, estabelecidas para a pesquisa exploratória, e a velocidade de cisalhamento de 0,1 mm/s, assim como aplicados no estudo de Silva (2024). Após o ensaio, foram coletados os dados de deslocamento horizontal e tensões cisalhantes, a fim de obter a envoltória de resistência e os parâmetros de resistência da mistura solo-fibra PRFV para o teor em estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Ensaio de Resistência ao Cisalhamento Direto da Mistura Solo-Fibra PRFV

Na Figura 3 é possível observar o comportamento dos resultados obtidos no ensaio de cisalhamento direto para a mistura solo-fibra com teor de 0,5% de PRFV. As curvas de tensão cisalhante *versus* deslocamento horizontal (Figura 3a) não apresentam um pico de resistência bem definido, como aquele observado para o solo (Figura 1a). Notam-se um pico de resistência inicial entre 0,04 e 0,09 cm de deslocamento horizontal logo após um decréscimo seguido por aumento da resistência junto ao deslocamento, até atingido o valor de 0,6 cm adotado como critério de parada do ensaio. Este comportamento parece corroborar com os estudos realizados por Feuerharmel (2000), o qual observou que o comportamento da mistura solo-fibra apresenta uma fase inicial comandada pela matriz de solo; fase intermediária em que atuam solo e fibras em conjunto e a fase final em que a mobilização da resistência ocorre apenas pelas fibras. No caso, entende-se que o 1º pico (Figura 3a) corresponderia à resistência mobilizada pela matriz do solo e o 2º pico (Figura 3a, por volta de 0,58 cm) equivaleria à mobilização do conjunto solo-fibra PRFV. Já na Figura 3b, em função do comportamento das curvas experimentais, há indicativo de ter ocorrido compressão dos corpos de prova ao longo da etapa de cisalhamento.

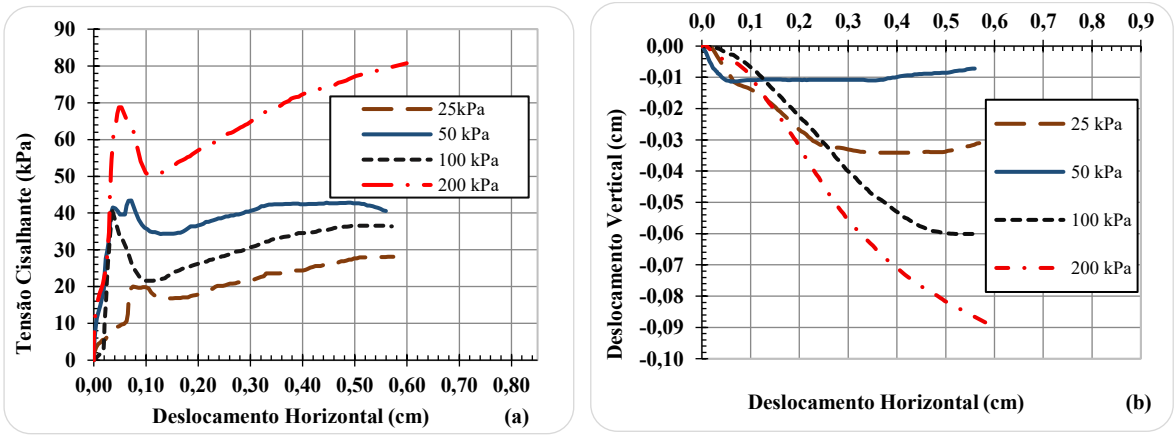


Figura 3 – Resultados do ensaio de cisalhamento direto: (a) Tensão cisalhante versus deslocamento horizontal; e (b) Deslocamento vertical versus deslocamento horizontal (Fonte: Autor, 2026)

A Figura 4 mostra as envoltórias de resistência do solo (Abrantes, 2022 apud Silva, 2024) e da mistura solo-fibra com 0,5% de PRFV correspondente à fase considerada como mobilização conjunta (2º pico). É notável que as curvas apresentam comportamentos distintos no que confere à inclinação, o que reflete na resistência dos materiais. Os parâmetros de resistência extraídos das envoltórias encontram-se na Tabela 1.

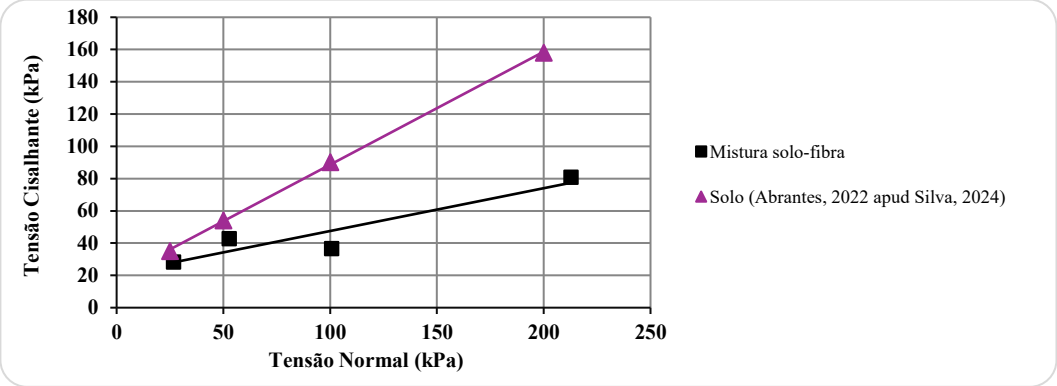


Figura 4 - Envoltórias de Resistência
(Fonte: Autor, 2026)

Tabela 1. Parâmetros de resistência (φ, c') do solo e da mistura solo-fibra PRFV

Material	φ (°)	c' (kPa)
Mistura Solo-Fibra com 0,5% de PRFV	14,8	21
Solo (ABRANTES, 2022 apud Silva, 2024)	35,2	17,9

Ao analisar os resultados apresentados na Tabela 1, observa-se que houve a redução do ângulo de atrito (14,8º) e um sutil aumento da "coesão" (21 kPa) em relação ao solo puro (35,2 º e 17,9 kPa). Os resultados obtidos mostram que não houve aumento da resistência ao cisalhamento do solo, estando então em desacordo com o observado por Rocha (2019). No entanto, Merville (2024) destaca que o comportamento solo-fibra depende de diversos fatores e, caso não estejam em conformidade, a fibra pode não contribuir para melhorar as propriedades do solo. E, ainda, Teodoro (1999) e Casagrande (2005), afirmam que a melhoria da resistência do solo não depende apenas da adição de fibra, mas também de condições específicas da interação solo-fibra.

Adicionalmente, a pesquisa de Gantus-Oliveira (2023) aponta que a variação dos parâmetros de resistência pode estar relacionada com a distribuição aleatória das fibras no plano de ruptura, levando o alinhamento das fibras a coincidir com o plano. Para o autor, esta condição contribuiria para o deslizamento do solo em vez de possibilitar que resista ao cisalhamento.

Por outro lado, a redução da resistência da mistura solo–fibra PRFV pode estar associada às características físicas da própria fibra. Como exemplo, tem-se o comprimento igual a 1,7 cm da fibra PRFV utilizada nesta pesquisa, podendo este ser inferior ao comprimento crítico necessário para mobilização de tensões de tração e ancoragem na matriz do solo (Feuerharmel, 2000; Teodoro,1999; Casagrande, 2005; Consoli et al, 2005). Nessas condições, as fibras tendem a atuar como inclusões inertes, sem contribuir efetivamente para o reforço (Feuerharmel, 2000). Além disso, a baixa aderência na interface solo–fibra devido à superfícies lisas ou pouca rugosas, possibilita o deslizamento relativo e dificulta a transferência de tensões (Lucarelli, 2018; Costa et al, 2021).

Ademais, a presença de fibras pode provocar alterações na estrutura do solo compactado, dificultando o rearranjo das partículas e aumentando o índice de vazios, o que resulta em menor massa específica seca e redução da resistência ao cisalhamento (Rocha, 2019; Consoli et al, 2005). Segundo Teodoro (1999), em solos argilosos esse efeito pode ser ainda mais significativo, pois a resistência depende fortemente da coesão e da integridade estrutural da matriz, podendo a inclusão de fibras comprometer essas ligações. Além disso, o próprio ensaio de cisalhamento direto apresenta limitações por ter plano de ruptura previamente definido, o que pode restringir a mobilização das fibras, sobretudo quando orientadas desfavoravelmente.

Por fim, o combinado dos fatores destacados pode limitar o desenvolvimento do mecanismo de reforço pela adição de fibras e reduzir resistência ao cisalhamento da mistura (Merville, 2024; Consoli et al, 2005), sendo essa uma possível justificativa para a redução dos parâmetros de resistência da mistura solo-fibra com 0,5% de PRFV desta pesquisa.

3.2 Efeito de Escala

A Figura 5 apresenta as curvas de tensão cisalhante *versus* deslocamento horizontal obtidas nesta pesquisa, com uso do molde com maiores dimensões (quadrado, 10 cm x 10 cm) e as curvas obtidas por Silva (2024) com uso do menor molde (circular, 6 cm de diâmetro), cujos corpos de prova moldados estiveram submetidos às tensões normais de 25, 50, 100 e 200 kPa.

É perceptível que há comportamentos distintos entre as curvas da Figura 5. Para a faixa de deslocamento horizontal entre 0,04 mm e 0,10 mm, observa-se que as curvas da presente pesquisa apresentaram pico de resistência inicial (no item 3.1 foi discutido que esse pico representa a fase de mobilização da matriz do solo) enquanto as curvas de Silva (2024) mostraram um patamar inicial. De acordo com Casagrande (2005) e Consoli et al. (2005), o comportamento relatado indica que com o uso do molde maior, possivelmente há mais fibras interceptando o plano de ruptura e algumas podem ter sido mobilizadas logo no início do ensaio, aparecendo o pico inicial. Porém, Feuerharmel (2000) e Teodoro (1999) destacam que ao utilizar um molde menor espera-se por menos fibras cruzando o plano, não havendo mobilização suficiente, configurando a presença de um patamar na curva ao invés de um pico bem definido. Por fim, deduz-se que em escala menor o comportamento se apresenta de forma dúctil, sem ruptura inicial do solo, ao passo que em escala maior o comportamento se mostra frágil, com mobilização posterior do mecanismo de reforço fibroso.

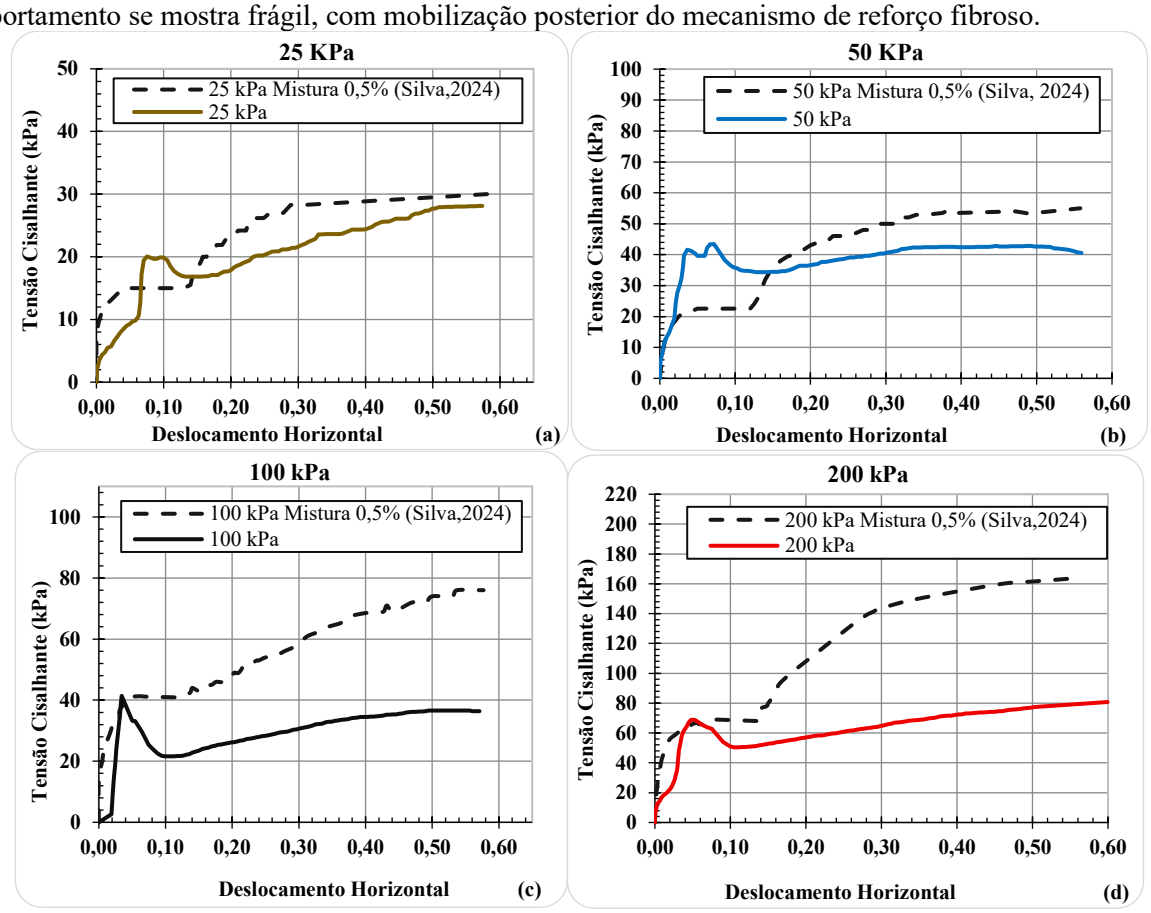


Figura 5 - Curvas de tensão cisalhante versus deslocamento horizontal da mistura solo-fibra com 0,5% de PRFV, para as seguintes faixas de tensão normal: (a) 25 kPa; (b) 50 kPa (c) 100 kPa (b) 200 kPa (Fonte: Autor, 2026)

A Figura 6 mostra as envoltórias de resistência desta pesquisa e aquela obtida por Silva (2024) e a Tabela 2 apresenta os resultados dos parâmetros de resistência ao cisalhamento para cada uma das envoltórias. Observa-se que há comportamentos distintos quanto à inclinação entre as envoltórias da Figura 6, indicando a possível influência do efeito de escala nos resultados dos ensaios. Na Tabela 2 nota-se que, com uso do molde maior houve aumento da coesão (21 kPa) e redução do ângulo de atrito (14,8º) quando comparados aos resultados da pesquisa de Silva (2024) que fez uso de molde menor (coesão, 9,6 kPa; ângulo de atrito, 33,6º).

Presume-se que a mobilização do reforço do solo argiloso com fibra PRFV, ainda que não tenha ocorrido de forma substancial, possa ter contribuído para o aumento da coesão da mistura solo-fibra ao ser utilizado o molde maior, pois como apontado por Rocha (2019) haveria maior área para a formação de pontes de transferências de solicitações.

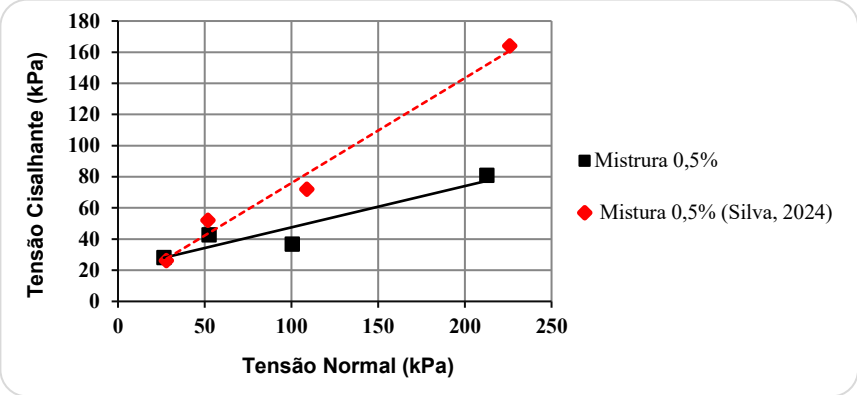


Figura 6 - Envoltórias de resistência para mistura solo-fibra com 0,5% de PRFV (Fonte: Autor, 2026).

Tabela 2. Parâmetros de resistência para a mistura solo-fibra com o,5% de PRFV

Ruptura	φ (°)	c' (kPa)
Mistura 0,5%	14,8	21
Mistura 0,5% (Silva, 2024)	33,6	9,6

Por fim, a variação dos parâmetros de resistência obtidos entre corpos de prova com diferentes dimensões pode estar relacionada ao efeito de escala, especialmente em solos argilosos reforçados com fibras, cujo comportamento mecânico depende da distribuição e interação do teor analisado (Lucarelli 2018; Gantus-Oliveira, 2023).

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que ocorreu a redução dos parâmetros de resistência da mistura solo-fibra com 0,5% de PRFV comparado àqueles obtidos para o solo, demonstrando que a adição da fibra PRFV, na proporção e comprimento adotados, não contribuiu para o mecanismo de reforço do solo.

Além disso, aponta-se que houve efeito de escala em relação às dimensões de moldagem dos corpos de prova desta pesquisa comparados àqueles de Silva (2024), o que pode ter influenciado nos parâmetros de resistência da mistura solo-fibra com 0,5% de fibra de PRFV, levando à obtenção de valores distintos. Considera-se, também, que a baixa aderência na interface solo-fibra pode dificultar a redistribuição de tensões, o que pode ser outro fator para não se obter os resultados esperados. Destaca-se ainda que a limitação do ensaio de cisalhamento direto, especialmente por apresentar plano de ruptura pré-definido, pode ter contribuído para minimizar os efeitos da fibra como mecanismo de reforço do solo.

Finalmente, almeja-se a continuidade desta pesquisa a fim de investigar o comportamento da mistura solo-fibra com 0,5% de PRFV por meio de ensaios de resistência a compressão simples e triaxial.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) pelo apoio institucional à realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira De Normas Técnicas (2024). NBR 6457.Solo- *Preparação de amostras para ensaios de compactação, caracterização e determinação do teor de umidade*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira De Normas Técnicas (2025). NBR 7182.Solo- *Ensaio de compactação*. Rio de Janeiro.

ASTM International (200). ASTM D 3080: *Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions*.

Barletta, V. F. (2021) *Estudos Mecânicos de Misturas Solo-Composto para Fins Geotécnicos*. Dissertação de mestrado (Mestre em Engenharia Civil). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 113p.

Borsatto, M. B. (2025) *Comportamento da resistência de solos lateríticos com inclusão de tiras plásticas*. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Bauru, 161p. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/ed6bf1f5-fa94-475a-a57a-cc394ed83d90>. Acesso em 24 mar. 2026.

Casagrande, M. D. T. (2005). *Comportamento de solos reforçados com fibras submetidos a grandes deformações*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 219p. Disponível em: < https://lume.ufrgs.br/handle/10183/5345> Acesso em 24 mar. 2026.

Consoli, N. C.; Casagrande, M. D. T.; Coop, M. R. (2005*) Effect of Fiber Reinforcement on the Isotropic Compression Behavior of a Sand.* Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, American Society of Civil Engineers (ASCE), v. 131, n. 11, p. 1434–1436.

Costa, L. F. da; MARINHO FILHO, P. G. T.; TENÓRIO, E. A. G.; LUCENA, L. C. de F. L. (2021) *Análise do comportamento mecânico de solo silto-argiloso reforçado com geotêxtil*. Revista Principia, n. 57, p. 234–241.Disponível em: https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/4983. Acesso em: 26 mar. 2026.

Feuerharmel, M. R. (2000) *Comportamento de solos reforçados com fibras de polipropileno.* Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS, Porto Alegre, 133p.

Gantus-Oliveira, T. (2023) *Avaliação do uso de fibras de garrafas pet como reforço de solo laterítico compactado*. Geociências (São Paulo. Online), v. 42, p. 253-268. Disponível em: < https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/17487> Acesso em 24 mar. 2026.

Lucarelli, D. C. (2018) *Estudo do Comportamento Mecânico de Solos Reforçados com Fibras de Polietileno Tereftalato (PET) de Distribuição Aleatória*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 153p. Disponível em: < https://locus.ufv.br/items/4bfd2273-c9ff-4ecd-ad94-3e87df8fe263>. Acesso em 24 mar. 2026.

Merville, Ana Kelly Fernandes. (2024) *Estudo do comportamento hidromecânico de misturas de solo areno argiloso com fibras de polipropileno.* Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Geotecnia, Fortaleza, 96p.

Orth, C. M.; Baldin, N.; Zanotelli, C. T. (2012) *Implicações do Processo de Fabricação do Compósito Plástico Reforçado com Fibra de Vidro sobre o Meio Ambiente e a Saúde do Trabalhador: o Caso da Indústria Automobilística.* Revista Produção Online, Florianópolis, S, V.12, N. 2, p. 537-556.

Rocha, S. A. (2019) *Avaliação da Influência de Fibras de Polipropileno na Resistência Efetiva de um Solo Argiloso.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, 2019, 120p. Disponível em: < https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/11891>. Acesso em: 24 mar. 2026

Silva, C. M., Martins, C. P. (2024) *Estudo da resistência ao cisalhamento direto em misturas compactadas de solo residual maduro e resíduo fibroso PRFV*. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica,21. Campinas, São Paulo, Brasil.

Silva, C. M. (2023) *Estudo da resistência ao cisalhamento de misturas compactadas de um solo residual com o resíduo fibroso PRFV*. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, p.81.

Teodoro, J. M. (1999). *Resistência ao cisalhamento de solos reforçados com fibras plásticas*. Dissertação de Mestrado de Escola de Engenharia de São Carlos, Universidad de São Paulo, São Carlos. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-14062018-144401/es.php>. Acesso em: 24 mar. 2026.

Trindade, T. P.; Iasbik, I.; Lima, D. C.; Carvalho Silva, C. H.; Barbosa, P. S. A. (2004) *Latossolo vermelho-amarelo reforçado com fibras de polipropileno de distribuição aleatória: estudo em laboratório.* Revista Escola de Minas, Ouro Preto. v. 57(1), 2004, p. 53-58.