

INFLUÊNCIA DA LIGNINA KRAFT NA CONTRAÇÃO E PLASTICIDADE DE SOLOS EXPANSIVOS

**Estevan Alcântara Huckembeck¹, Talisson Natan Tochtenhagen²; Gustavo Luís
Calegari³ Bruno Nunes Hubner⁴; Maurizio Silveira Quadro⁵.**

¹ Estudante de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. Pelotas – RS. E-mail:
estevanhuckembeck@gmail.com

⁵Professor de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Pelotas. E-mail: mausq@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho avaliou a eficácia da lignina Kraft em pó como estabilizante de um solo expansivo coletado em Chuvisca (RS) e analisado no Laboratório de Mecânica dos Solos e Pavimentação da UFPel. Adicionaram-se 1%, 3% e 5% de lignina à massa seca; corpos de prova (21,4 mm × 5 mm) foram moldados pelo Método Expedito das Pastilhas a partir da fração fina do solo, preparados em triplicata e comparados a um controle sem aditivo. As avaliações ocorreram aos 2 e 7 dias (pré-secagem a 60 °C por 4 h) e incluíram contração diametral, ensaio de penetração (5 min a 24 h) e Limites de Atterberg. A lignina aumentou a contração diametral em relação ao solo natural (0,6 mm), com 1% e 5% alcançando 0,9 mm e 0,8 mm aos 2 dias; aos 7 dias houve uniformidade em 0,8 mm. No ensaio de penetração, a mistura com 5% exibiu apenas 0,33 mm aos 30 min e não alcançou 5 mm em 24 h, indicando maior resistência à água. Limites de Atterberg mostraram aumento do LL e variações no LP e IP. Conclui-se que a lignina melhora a coesão, rigidez e resistência à reabsorção de água, sendo promissora para estabilização de solos expansivos.

1. INTRODUÇÃO

A estabilização de solos é uma técnica fundamental, empregada para melhorar as propriedades físicas e mecânicas dos solos e garantir a durabilidade de estruturas de engenharia (FIROOZI et al., 2017). Essa prática visa aumentar a resistência do solo, reduzir sua permeabilidade e compressibilidade, tornando-o mais adequado para suportar cargas e resistir à degradação ambiental, como a erosão. Embora métodos tradicionais, como a adição de cimento e cal, sejam eficazes, eles frequentemente apresentam custos elevados e impactos ambientais significativos. Por essa razão, a busca por alternativas mais sustentáveis e econômicas tem se intensificado.

Nesse contexto, a lignina, um subproduto da indústria de celulose, surge como uma alternativa promissora. A lignina é um composto orgânico que, juntamente com a celulose e a hemicelulose, confere resistência mecânica e estabilidade ao solo. Estudos têm

demonstrado que a incorporação de lignina pode melhorar a coesão, a resistência à compressão e a durabilidade do solo (ZHANG et al, 2017; TA'NEGONBADI; NOORZAD, 2017). Sua estrutura heterogênea, rica em grupos funcionais como hidroxila, fenólicos e alifáticos (SEVASTYANOVA et al., 2014), afeta o comportamento térmico e higroscópico do solo, impactando sua contração após a secagem e sua expansividade.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficácia da lignina Kraft em pó como estabilizante para solos expansivos. Para isso, serão utilizados o Método Expedito das Pastilhas (MCT) e os Ensaio de Limites de Atterberg para caracterizar as propriedades físico-químicas do solo e o impacto da adição do aditivo. A avaliação do MCT permitirá analisar a contração diametral e a resistência à reabsorção de água, enquanto os Limites de Atterberg determinarão os teores de umidade que definem a consistência e a plasticidade do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com amostras de solo coletadas em Chuvisca, Rio Grande do Sul, nas coordenadas -30.843650 e -52.016941. Estas foram transportadas para o Laboratório de Mecânica dos Solos e Pavimentação da UFPel. A lignina Kraft em pó foi utilizada como aditivo em concentrações de 1%, 3% e 5% em relação à massa seca do solo. As amostras foram moldadas pelo Método Expedito das Pastilhas, formando corpos de prova circulares a partir da fração fina do solo, previamente umedecida até permitir a penetração máxima de 1 mm por agulha padrão.

Os corpos de prova foram avaliados após dois e sete dias, sendo previamente secos em estufa a 60 °C por quatro horas. Nessas etapas, realizaram-se ensaios de contração diametral e de resistência à reabsorção de água, com medições em diferentes intervalos de tempo. Todas as amostras foram preparadas em triplicata, incluindo um grupo controle sem aditivo. Além disso, estão previstos os Ensaio de Limites de Atterberg para determinar os limites de liquidez, plasticidade e o índice de plasticidade, seguindo as normas ABNT NBR 6459:2017 e NBR 7180:2016.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da contração diametral (Figura 1) mostraram que a adição de lignina, em todas as concentrações, gerou valores maiores do que o solo natural, que apresentou 0,6 mm. Após dois dias de cura, as amostras com 1% e 5% de lignina atingiram as maiores contrações, 0,9 mm e 0,8 mm, respectivamente. Já no sétimo dia, observou-se uniformidade entre as misturas com 1%, 3% e 5%, todas com 0,8 mm de contração. Esse comportamento indica que o tempo de cura tem papel fundamental na consolidação das ligações químicas e físicas proporcionadas pela lignina, favorecendo a formação de uma estrutura mais densa após a secagem (SEVASTYANOVA et al., 2014).

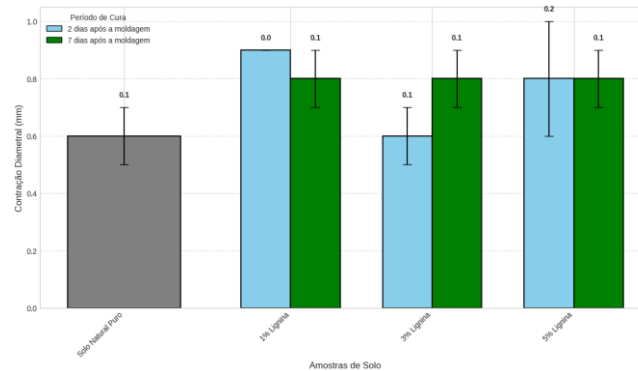


Figura 1: Contração diametral das amostras de solo com a adição de lignina.
Fonte: Autores.

No ensaio de penetração (Figura 2), o solo natural atingiu rapidamente a penetração máxima, evidenciando baixa resistência à água. Em contraste, a amostra com 5% de lignina, após sete dias de cura, demonstrou desempenho superior, atingindo apenas 0,33 mm de penetração em 30 minutos e não alcançando o limite de 5 mm após 24 horas. Isso confirma o potencial da lignina como agente estabilizante, capaz de reduzir a absorção de água, aumentar a rigidez e coesão do solo e melhorar suas propriedades mecânicas e hídricas, especialmente em materiais expansivos (ANJOS; NEVES, 2011).

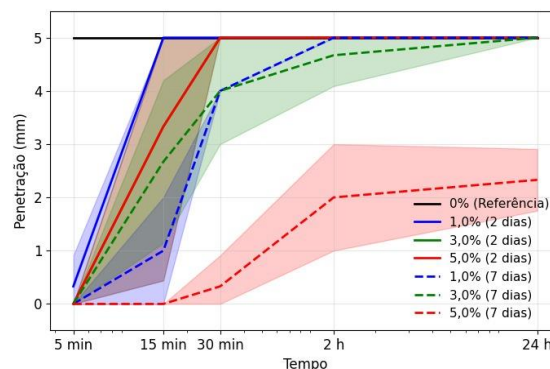


Figura 2: Penetração média de acordo com o intervalo de tempo das análises.
Fonte: Autores.

A Figura 3 mostra que a adição de lignina influencia de forma distinta os limites de Atterberg do solo. Observa-se que o Limite de Liquidez (LL) tende a aumentar com a presença do aditivo, enquanto o Limite de Plasticidade (LP) apresenta redução inicial seguida de recuperação em maiores teores, o que resulta em variações no Índice de Plasticidade (IP). Esse comportamento pode estar associado à capacidade da lignina de interagir com as partículas do solo, modificando sua estrutura e a quantidade de água necessária para transições de estado. Estudos indicam que aditivos orgânicos, como a lignina, podem melhorar a estabilidade e reduzir a plasticidade de solos, promovendo maior desempenho em aplicações de engenharia geotécnica (ZHANG et al., 2017).

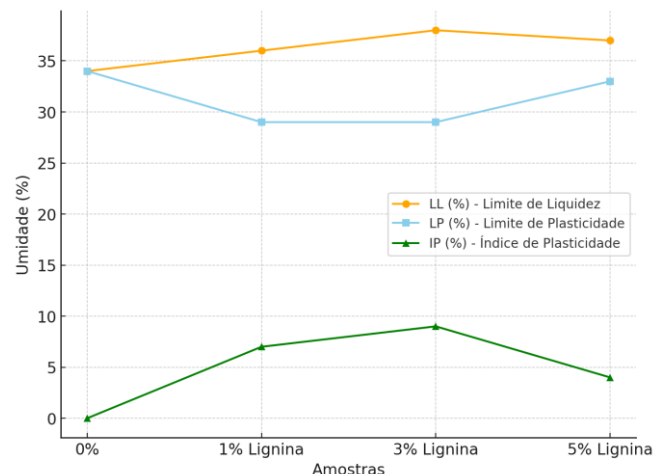


Figura 3: Variação dos limites de Atterberg com a adição de Lignina
Fonte: Autores.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que a adição de lignina Kraft em pó mostrou-se eficaz na melhoria das propriedades do solo expansivo estudado. O aditivo contribuiu para aumentar a resistência à reabsorção de água, reduzir a plasticidade e favorecer a consolidação da estrutura ao longo do tempo de cura. Esses resultados evidenciam o potencial da lignina como estabilizante alternativo, sustentável e de baixo impacto ambiental, configurando-se como uma opção viável para substituir ou complementar métodos tradicionais na engenharia geotécnica.

5. REFERÊNCIAS

- ANJOS, C. M.; NEVES, G. A. Utilização do resíduo de caulim para a produção de blocos solo-cal. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.6, p.91-96, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7180: Solo — Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6459: Solo — Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 5 p.
- FIROOZI, A. A. et al. Fundamentals of soil stabilization. **International Journal of Geo-Engineering**, v. 8, n. 1, p. 1-16, 2017.
- SEVASTYANOVA, O. et al. Tailoring the molecular and thermo-mechanical properties of kraft lignin by ultrafiltration. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 131, n. 18, p. app.40799, 2014. <https://doi.org/10.1002/app.40799>.
- TA'NEGONBADI, B.; NOORZAD, R. Estabilização de solo argiloso usando lignossulfonato. **Transportation Geotechnics**, v. 12, p. 45-55, 2017. <https://doi.org/10.1016/J.TRGEO.2017.08.004>
- ZHANG, T.; CAI, G.; LIU, S. Application of lignin-based by-product stabilized silty soil in highway subgrade: a field investigation. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 4243-4257, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.002>.