

Polímero Superabsorvente para Aplicações de Impermeabilização em Obras Geotécnicas

Ana Luiza Almeida Cruz

Estudante de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, anaalmeida@ufmg.br

Larissa Moreira Matias

Estudante de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, arq.larissamatias@gmail.com

Fernando do Couto Rosa Almeida

Professor, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, fernando@demc.ufmg.br

Giovanna Monique Alelvan

Professora, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, giovannaalelvan@etg.ufmg.br

RESUMO: Os polímeros superabsorventes (SAPs) são comumente utilizados na indústria da construção para reduzir a retração total e a susceptibilidade à fissuração em estruturas de concreto. SAPs são materiais sintéticos com alta capacidade de absorver água e soluções aquosas, sendo capazes de absorver até mil vezes o seu próprio peso. No entanto, seu potencial na Engenharia Geotécnica ainda não foi explorado de forma adequada. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo propor de forma inovadora o uso de SAPs combinados com resíduos de mineração para impermeabilização geotécnica. Para esta avaliação, foram realizados testes de permeabilidade em carga constante para diferentes teores de polímeros a fim de determinar o valor ótimo. Além disso, foi avaliado o efeito de ciclos de temperatura na capacidade de absorção e liberação do polímero a longo prazo. Os resultados são promissores e demonstram a capacidade de reduzir a permeabilidade de materiais granulares para barreiras impermeáveis em aterros.

PALAVRAS-CHAVE: Polímero superabsorvente, impermeabilização, estabilização química, novos geomateriais.

ABSTRACT: Superabsorbent polymers (SAPs) are commonly employed in the construction industry to mitigate overall shrinkage and susceptibility to cracking in concrete structures. SAPs, characterized by their synthetic nature and high water absorption capacity, can absorb up to a thousand times their weight in water and aqueous solutions. However, their potential within Geotechnical Engineering remains underexplored. In this context, this study aims to propose an innovative application of SAPs combined with mining residues for geotechnical waterproofing. To evaluate this approach, permeability tests under constant load were conducted to ascertain the optimal polymer content. Furthermore, the long-term absorption and release capacity of the polymer under temperature cycles were evaluated. The results exhibit promise, demonstrating the capability to reduce the permeability of granular materials and enhance impermeable barriers in landfills.

KEYWORDS: Superabsorbent polymer, waterproofing, chemical stabilization, new geomaterials.

1 INTRODUÇÃO

Polímeros superabsorventes (SAPs) têm sido extensivamente estudados em construções de concreto (MECHTCHERINE et al., 2021; ALMEIDA; KLEMM, 2018) e têm potencial para serem considerados em estruturas geotécnicas na tentativa de reduzir a permeabilidade do solo saturado. SAPs são formados por redes reticuladas de polímeros hidrofílicos com a capacidade de absorver e reter grandes volumes de líquido. Em contato com água ou soluções aquosas, os SAPs se hidratam e formam um gel polimérico inchado, capaz de absorver até mesmo 1500 g de água por grama de SAP (MECHTCHERINE; REINHARDT, 2012). O mecanismo de diminuição da permeabilidade do solo é duplo: os SAPs secos absorvem uma grande quantidade

de água do solo saturado; os SAPs inchados obstruem vazios na estrutura do solo e evitam o transporte de água no sistema.

O processo de hidratação dos SAPs é reversível e cíclico, ou seja, a remoção de água resulta no colapso do polímero, que por sua vez se torna capaz de reabsorver mais água. Os SAPs têm uma série de parâmetros-chave que podem influenciar e controlar sua eficiência. Características definidas pela produção, como formas, tamanhos e composições químicas da estrutura, afetam seu comportamento e desempenho em termos de capacidade/cinética de absorção e desorção em água desmineralizada (KLEMM; ALMEIDA, 2016; SNOECK et al., 2018). Tais efeitos podem ser ainda mais complexos quando os SAPs são aplicados em solos ou rejeitos saturados, quando as condições externas são substancialmente alteradas, como o pH e a concentração iônica na solução circundante. Assim, os SAPs atuam como uma reserva interna de água, que armazena e mantém a umidade no interior do concreto, contribuindo na melhora das propriedades mecânicas e na durabilidade deste material.

Na Geotecnia os polímeros superabsorventes ainda são pouco explorados como solução de estabilização de solos. Oliveira et al. (2023) avaliou o potencial do uso do SAP para melhoria das propriedades de resistência de um rejeito de minério de ferro para aplicação em pilhas. Os pesquisadores observaram que não há um efeito coesivo do polímero e que ainda após a secagem aumenta a porosidade do material. Contudo, mantido em condição saturada, o SAP manteve os hidrogéis preenchendo os vazios do compósito.

A partir destes resultados, esta pesquisa tem como objetivo avaliar o uso do SAP associado a uma matriz granular como solução de impermeabilização em obras geotécnicas. Atualmente existem diferentes métodos de impermeabilização, como geomembranas e/ou manta geotêxtil, geocomposto bentonítico (GCL), manta asfáltica, entre outros. O uso de SAP neste contexto permitiria a ampliação destas soluções e associação com resíduos, gerando novas opções de destinação a estes últimos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa de caráter exploratório foi conduzida experimentalmente a partir da avaliação do comportamento de compósitos formados por um resíduo da mineração de granulometria predominantemente arenosa e um SAP composto de poliacrilato de sódio. Para isso foram feitos testes de permeabilidade para diferentes dosagens, conforme descrito nos próximos itens.

2.1 Materiais

Para a realização dos ensaios de permeabilidade foi utilizado coproduto do processo de produção do minério de ferro obtido de uma mineradora próxima a região de Belo Horizonte, em Minas Gerais. O material é essencialmente arenoso e atualmente é comercializado como uma proposta de substituição as areias da construção civil, especialmente na pavimentação.

Para melhor compreensão deste material foram conduzidos os ensaios de granulometria e determinação da massa específica dos grãos, de acordo com as normas ABNT NBR 7181:2016 e ABNT NBR 6458:2016, respectivamente. A curva granulométrica deste material é apresentada na Figura 1, indicando uma classificação de solo como areno-siltoso, SM, pela Classificação Unificada. Com relação a determinação da massa específica dos grãos, obteve-se o valor de 2,68 g/cm³, valor coerente para este tipo de granulometria.

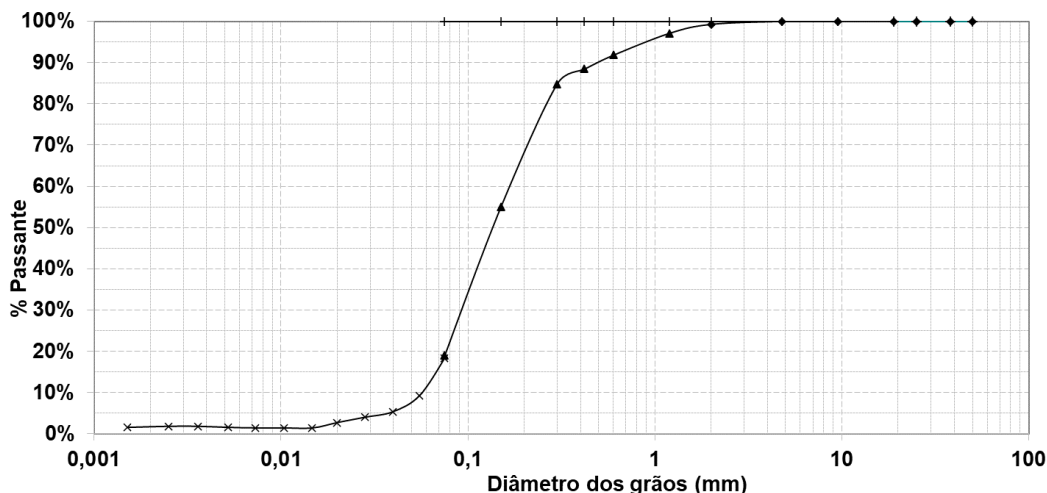


Figura 1. Gráfico da análise granulométrica.

A partir da caracterização do material foi conduzido o ensaio de compactação com a energia Proctor Normal, conforme ABNT NBR 7182:2016. Conforme apresentado na Figura 2, obteve-se um valor de umidade ótima de aproximadamente 16% relativo a uma massa específica aparente seca de $1,62 \text{ g/cm}^3$.

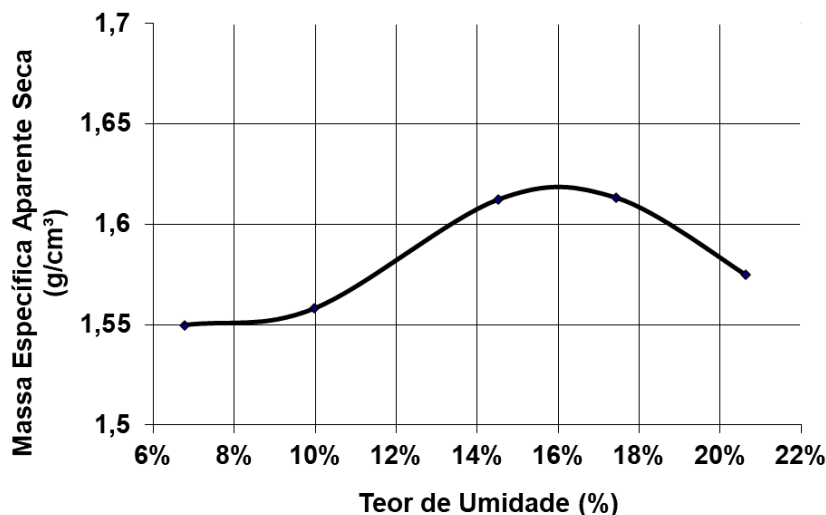


Figura 2. Curva de compactação.

Com relação ao SAP utilizado, trata-se de um polímero orgânico de base poliacrilato de sódio. Para formação dos compósitos, o SAP foi adicionado ao solo diretamente nas dosagens investigadas de 0,05%, 0,25% e 0,75%, com relação a massa de areia seca.

2.2 Campanha experimental: ensaios de permeabilidade de carga constante

A campanha experimental desta pesquisa envolveu a condução de ensaios de permeabilidade de carga constante, conforme ABNT NBR 13292:2021, com o objetivo de avaliar o coeficiente de permeabilidade da areia pura e dos compósitos formados com SAP. Todos os ensaios foram repetidos três vezes após a secagem de todo o material em estufa a 110°C por pelo menos sete dias. O objetivo foi avaliar a capacidade de recarga do SAP em ciclos de saturação e secagem, bem como os impactos no coeficiente de permeabilidade. A Figura

3a ilustra a preparação da amostra por meio da mistura a seco da areia e do SAP e a Figura 3b e o cilindro já preenchido com a mistura areia-SAP.



(a)



(b)

Figura 3. Compósito areia-SAP. (a) mistura dos materiais; (b) permeâmetro preenchido.

3 RESULTADOS

Os resultados dos ensaios são apresentados na Tabela 1 para a areia pura e para os três teores de SAP associados aos três ciclos de secagem e saturação. No caso puro, obteve-se um coeficiente de permeabilidade de $7,858 \cdot 10^{-3}$ cm/s, e para a maior dosagem de SAP (0,75%) o menor valor obtido nas ciclagens foi de $2,235 \cdot 10^{-5}$ cm/s, demonstrando uma redução de aproximadamente 99,5%. Observa-se também que uma ordem de grandeza (em torno de 10 vezes) foi diminuída para cada um dos incrementos poliméricos. O que se repetiu ao longo dos ciclos, demonstrando a capacidade de secagem e reabsorção do SAP.

Durante os ensaios, foi realizado o acompanhamento do tempo necessário para a completa saturação das amostras de solo, com o objetivo de comparar esses intervalos temporais e avaliar os efeitos da presença do polímero na retenção de água. Observou-se que nos ensaios com a areia pura e com a adição de 0,05% de polímero superabsorvente (SAP), a saturação ocorreu entre 10 a 15 minutos. Com uma dosagem de 0,25%, o tempo para a saturação completa da amostra de solo foi de aproximadamente 45 minutos. No entanto, ao utilizar uma concentração de 0,75% de polímero, o tempo de saturação ultrapassou 10 horas. Esses resultados indicam claramente que o polímero superabsorvente dificulta a percolação da água e promove um aumento significativo na capacidade de retenção hídrica em sua estrutura.

Tabela 1. Resultado do coeficiente de permeabilidade das amostras de solo.

Dosagem	Coeficiente de permeabilidade cm/s		
	1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo
Areia pura	7,858 . 10 ⁻³		
Areia + SAP 0,05%	3,798 . 10 ⁻³	4,322 . 10 ⁻³	3,405 . 10 ⁻³
Areia + SAP 0,25%	5,239 . 10 ⁻⁴	1,179 . 10 ⁻³	7,858 . 10 ⁻⁴
Areia + SAP 0,75%	1,800 . 10 ⁻⁵	3,540 . 10 ⁻⁵	-

Dessa forma, é possível observar um efeito positivo da aplicação do polímero superabsorvente na redução de permeabilidade de um solo arenoso à base de rejeito de minério de ferro. Isso se deve pelo inchamento do SAP que colmata os vazios interparticulares do solo por meio da formação dos hidrogéis, dificultando o fluxo de água na amostra. Entretanto, estudos mais avançados são recomendados utilizando outras matrizes de solo, bem como diferentes teores de SAP e com diferentes composições e bases poliméricas. Em geral, para fins de impermeabilização de solos com elevada eficiência, geralmente à base de argilas betoníticas, busca-se valores com ordem de grandeza próxima a 10⁻⁹ cm/s.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve por objetivo apresentar uma avaliação da aplicação de polímero superabsorvente para impermeabilização de um solo arenoso à base de rejeito de minério de ferro. Dessa forma, foram realizados ensaios de determinação do coeficiente de permeabilidade para amostras de solo contendo 0,05%, 0,25% e 0,75% de SAP, além de uma amostra sem o polímero para referência.

A partir dos resultados obtidos, observa-se que o SAP possui uma capacidade significativa de reter e dificultar a percolação da água. A permeabilidade do solo foi reduzida em até 99,5%. O tempo de percolação variou de 15 min para 10 horas, respectivamente para teores de 0,05% e 0,75% de SAP. Assim, o uso do polímero se mostrou eficiente para retenção de água no solo, uma vez que a partir da saturação da amostra e formação dos hidrogéis a água é retida na estrutura, diminuindo os vazios. Essa maior densificação dos espaços interpartículas devido ao inchamento do SAP leva a reduzir a capacidade de formação de caminhos preferenciais de fluxo.

Os resultados se mostram satisfatórios para uma pesquisa exploratória, no entanto, ainda é necessário realizar estudos complementares com outras variações de dosagens e SAPs com diferentes bases poliméricas. Além disso, é recomendado realizar ensaios para melhor avaliação do comportamento desse material a médio e a longo prazo, assim como analisar a capacidade de retenção de água na presença de líquidos com diferentes pH e concentrações iônicas.

Entretanto, a aplicação de SAP apresenta-se como uma tecnologia inovadora e promissora na área geotécnica. No âmbito ambiental, o uso desse polímero pode contribuir com a redução da exploração de jazidas de bentonita, mineral natural geralmente utilizado para impermeabilização. Além disso, o SAP é biodegradável e não tóxico, o que reduz os riscos de poluição do solo e da água.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a Universidade Federal de Minas Gerais, a CAPES, ao CNPq, e à FAPEMIG pelo apoio e fomento à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 13292. (2021). Solo - Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 13 p.
- ALMEIDA, F.C.R.; KLEMM, A.J. *Efficiency of internal curing by superabsorbent polymers (SAP) in PC-GGBS mortars*. Cement and Concrete Composites, v.88, p. 41-51, 2018.
- FELDKIRCHER, W. Impermeabilização de aterro sanitário com geomembrana. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil)–Universidade de São Francisco. Itatiba, 2008.
- KLEMM, A. J.; ALMEIDA, F. C. R. *Application of Superabsorbent polymers as novel admixture for cementitious materials*. Concrete Plant International Journal (Print), v. 3, p. 38-46, 2016.
- MARCANDALLI, L. H. Biopolímero: efeitos em aspectos físico-hídricos do solo e na dinâmica de nitrogênio e potássio. 2023. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.11.2023.tde-04012024-152409>.
- MECHTCHERINE, V. et al. *Application of super absorbent polymers (SAP) in concrete construction-update of RILEM state-of-the-art report*. Materials and Structures, v. 54, p. 1-20, 2021.
- MECHTCHERINE, V.; REINHARDT, H.W. (eds.). *Application of Superabsorbent Polymers (SAP) in Concrete Construction: State-of-the-Art Report Prepared by Technical Committee 225-SAP*, RILEM: Springer, 2012.
- NASSER, R. O. et al. Correlação entre a capacidade de inchamento e as características estruturais de Polímeros Superabsorventes. In: Anais do 9º Congresso Brasileiro de Polímeros. 2007.
- OLIVEIRA, L. C. P. Utilização de polímeros superabsorventes na retenção de chorume. 2019. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/handle/20.500.11874/3377>.
- OLIVEIRA, T. M. Variação de atributos hídricos do solo em razão do uso de polímero superbasorvente. 2018.
- OLIVEIRA, G.A.; FONTES, M.; SANTOS, A.; VIEIRA, G.M.D.V.; ALELVAN, G.M. *Estabilização polimérica de rejeito de minério de ferro para disposição em pilhas*. X Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental (REGEO). Salvador, BA, Brasil, 2023.
- PINTO, C. S. Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas. 3a Edição. São Paulo: Oficina de Texto, 2006.
- ROSA, Fátima; BORDADO, João M.; CASQUILHO, Miguel. Polímeros superabsorventes potencialidades e aplicações. Química Nova, 1992.
- SANTOS, R. V. A. Polímeros superabsorventes: processos de produção, aplicações e mercado. 2016. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/19157>.
- SNOECK, D.; SCHROFL, C.; MECHTCHERINE V. *Recommendation of RILEM TC 260-RSC: testing sorption by superabsorbent polymers (SAP) prior to implementation in cement-based materials*. Materials and Structures, v. 51(5), p. 116, 2018.