



ANÁLISE DA ADIÇÃO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE EM CAMADAS DE SOLO¹

William Giovani Haacke², Diorges Carlos Lopes³, Nicoli Eduarda Gross⁴, Júlia Vanessa Kunrath⁵, André Luiz Bock⁶

¹ Programa de Educação Tutorial, desenvolvido pela Unijui e financiado pelo Ministério da Educação.

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Unijui e Bolsista pelo PET, william.haacke@sou.unijui.edu.br

³ Professor do curso de Engenharia Civil da Unijui e Tutor do PET, diorges.lopes@unijui.edu.br

⁴ Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Unijui e Bolsista pelo PET, nicoli.eduarda@sou.unijui.edu.br

⁵ Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Unijui e Bolsista pelo PET, julia.kunrath@sou.unijui.edu.br

⁶ Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil da Unijui, andre.bock@unijui.edu.br

INTRODUÇÃO

Atualmente, há inúmeros métodos para simular no laboratório as condições de campo. O primeiro destes métodos, no Brasil sua execução segue a norma ABNT NBR 7182/2016 - Ensaio de Compactação. Em resumo, o método de compactação de solos consiste em compactar o solo em camadas utilizando golpes de um soquete, que é deixado cair livremente de uma altura preestabelecida. Cada detalhe do procedimento deve seguir as especificações da norma (NBR) mencionada acima.

O segundo método utilizado é denominado Índice de Suporte Califórnia (ISC), sua execução segue a norma NBR ABNT 9895:2016 - Índice de Suporte Califórnia, desenvolvido com a finalidade de definir o teor de umidade ótimo e massa específica aparente seca máxima de solos, bem como também a descobrir os valores de expansão do solo, determinando se o solo estudado possui capacidade de suporte necessário para ser utilizado como subleito ou camadas de pavimentos rodoviários (BOWLES, 1980).

Conforme descrito no livro "Mecânica dos Solos" de Pedro Murrieta (2018), compactação é um processo mecânico que busca, por meio da aplicação rápida e repetitiva de cargas ao solo, reduzir seu volume. Isso resulta em uma diminuição no índice de vazios e em um aumento no peso aparente seco. Quando mencionamos o volume de vazios, está se referindo ao espaço ocupado no solo por água e ar, enquanto o restante do volume é ocupado por grãos de partículas sólidas. Com a diminuição dos vazios, as partículas tendem a se



aproximar, aumentando suas áreas de contato. Isso, por sua vez, resulta em um aumento da resistência e da estabilidade do solo, reduzindo significativamente sua deformação, e, conseqüentemente, aumentando sua impermeabilidade.

Para atingir uma resistência e estabilidade desejadas no solo em questão, está sendo considerada a possibilidade de incorporar um material específico para atender às exigências, como é o caso dos polietilenos. Um recente relatório publicado pelas Nações Unidas aponta a necessidade de soluções para uma redução drástica da poluição gerada por resíduos plásticos. O levantamento afirma que diversas medidas podem reduzir em até 80% o lançamento de plástico no meio ambiente até 2040, além de gerar 700 mil novos postos de trabalho. O consumo de embalagens plásticas flexíveis per capita cresceu 2,5% no Brasil em 2023, em comparação ao ano anterior, chegando a 10,6 quilos por habitante ao ano, conforme mostrou o estudo da Maxiquim feito com exclusividade para a Abief (Associação Brasileira da Indústria de Embalagens Plásticas Flexíveis). Esse dado corrobora a alta de 2,6% da produção do setor em 2023, em comparação a 2022, levando a um fechamento de ano com 2,224 milhões de toneladas produzidas, o que elevou o nível operacional do setor no ano para 64%.

Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade urgente de investir em alternativas sustentáveis. Com o aumento na produção de polietilenos, é crucial encontrar aplicações para esse material, reduzindo a quantidade de resíduos descartados e buscando a implementação de novas técnicas sustentáveis. Nesse contexto, considerando as informações fornecidas, o propósito deste artigo é analisar e comparar os dados obtidos por meio dos ensaios de compactação e ISC (índice de suporte Califórnia) conduzidos no laboratório de solos.

METODOLOGIA

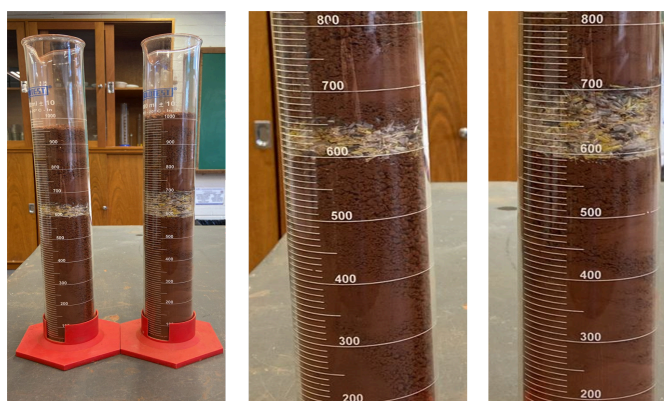
O trabalho desenvolvido é de âmbito quali-quantitativo, pois possui revisões bibliográficas para o aprimoramento acerca dos assuntos abordados, ademais, foram feitos ensaios em laboratório para a obtenção de dados numéricos.

O solo utilizado na pesquisa foi retirado nas dependências da universidade UNIJUI-RS em Santa Rosa. Já o material empregado na mistura do solo - polietileno de alta densidade foi fornecido por uma empresa privada anônima.



Os ensaios realizados em laboratórios utilizaram dois cilindros distintos; no primeiro estudo utilizou-se o cilindro pequeno com energia normal de compactação, no segundo caso usou-se o cilindro grande com energia normal, conforme a norma NBR 7182:2016. No primeiro estudo foi utilizado 25g (1%) de PEAD em relação ao solo e no segundo caso foi adicionado 120g (2%). Em vista disso, foram colocados em uma proveta a adição + solo, em escala, para demonstrar a relação de peso e volume, pois o peso do material adicionado é muito baixo e o volume é muito elevado em relação ao solo, conforme a Figura 1 a seguir:

Figura 1. Volume do polietileno em relação ao solo



Fonte: autoria própria (2024)

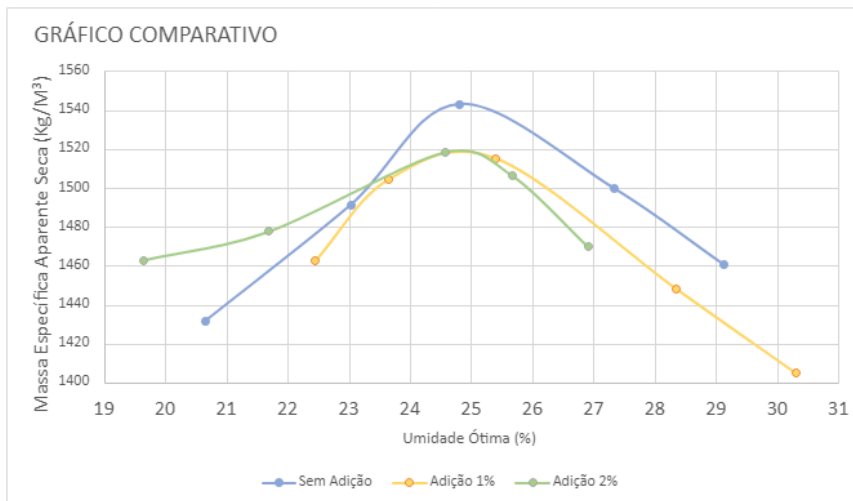
A partir dessas quantidades de material foram compactadas as amostras utilizando energia normal de compactação. Por fim, foi realizado o CBR ou ISC - índice de suporte Califórnia para determinar como o solo se comporta, ou seja, avaliar a sua resistência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização dos ensaios de compactação em laboratório, foram obtidos os dados iniciais relacionados a variações de massa específica em relação à umidade do solo. Para melhor análise destes dados foi construído um gráfico comparativo onde são apresentadas as curvas de compactação, como mostra a Figura 2 a seguir:



Figura 2. Curvas de Compactação para comparação



Fonte: Autoria própria (2024)

Em seguida, foi realizado o ensaio de Índice de Suporte Califórnia para obter os dados finais e por fim analisá-los. Apresenta-se os dados do ensaio de ISC na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Índice De Suporte Califórnia - Resultados

Estudo	ISC (%)	Expansão (%)
Sem Adição	16,93	0,26
Adição 1%	18,74	0,39
Adição 2%	6,95	0,36

Fonte: Autoria Própria (2024)

Conforme os resultados obtidos na tabela acima, é possível perceber que a adição de 1% teve melhor desempenho, porém a adição de 2% apresentou um resultado insatisfatório.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Polietileno de Alta Densidade é um material leve e não é considerado volumoso, apesar disso, durante os ensaios foi observado um grande volume de material nas adições quando comparado ao solo. Conforme ocorria um acréscimo nos percentuais de adição também passou a ocorrer dificuldade na aderência entre as camadas de solo durante a compactação.



A Adição do PEAD não apresentou nenhuma alteração na umidade ótima durante os ensaios realizados, permanecendo em 24,8%. Além disso, a massa específica aparente seca máxima apresentou um decréscimo de 1,49% em relação ao solo sem adição.

No ensaio de Índice de Suporte Califórnia a adição de 1% apresentou um ganho de 10,69% no ISC e 50% na Expansão, no segundo caso, onde ocorre a adição de 2% obteve uma perda de 58,94% no ISC e um ganho de 38,46% na Expansão. A perda no caso 2 é justificada pelo excesso de material adicionado em relação ao solo.

Com essa análise é possível concluir que a adição de Polietileno de Alta Densidade não é viável para a utilização em camadas de pavimentação, por mais que a adição de 1% apresentou resultados positivos no ISC e Expansão, em obras de grandes áreas será necessário um volume muito grande de adição. Ademais, o excesso de material se não for homogeneizado vai apresentar problemas de aderência entre as camadas.

Palavras-chave: SOLO; PEAD; CBR

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOWLES, J. **Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil**. México: McGraw-Hill de México, 1980.

CAPUTO, Homero P.; CAPUTO, Armando N. **Mecânica dos solos: teoria e aplicações**. São Paulo: Grupo GEN, 2022. *E-book*. ISBN 9788521638032. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521638032/>. Acesso em: 6 jun 2023.

ENSAIO CBR ou Índice de Suporte Califórnia. **Biopdi.com.br**, 2023. Disponível em: Ensaio CBR | Índice de Suporte Califórnia | Biopdi. Acesso em: 5 jul. 2023

GOMES Marcelo Evangelista; JÚNIOR Francisco Alves da Silva. **Compactação do solo no campo**. Repositorio.ufersa.edu.br, 2019. Disponível em: MarceloEG_ART.pdf (ufersa.edu.br). Acesso em: 9 mai. 2023.

MURRIETA, Pedro. **MECÂNICA DOS SOLOS**. São Paulo: Grupo GEN, 2018. *E-book*. ISBN 9788595156074. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595156074/>. Acesso em: 9 ago. 2023.

PALHARES, F. **Consumo per capita de embalagens plásticas flexíveis cresce no Brasil em 2023**. Disponível em: <https://embalagemmarca.com.br/2024/04/consumo-per-capita-de-embalagens-plasticas-flexiveis-cresce-no-brasil-em-2023/>. Acesso em: 10 jun. 2024.