

# **SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE CAL DE CARBURETO EM CIMENTO PORTLAND PARA O ENCAPSULAMENTO DE UM SOLO CONTAMINADO POR ÓLEO DIESEL**

José W. Jiménez Rojas, Anderson Fonini, Nilo C. Consoli, Karla S. Heineck  
Laboratório de Resíduos, Novos Materiais e Geotecnia Ambiental (ENVIRONGEO),  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## **Sumula**

Este trabalho apresenta a aplicação da técnica de encapsulamento de solos contaminados, conhecida também como solidificação/estabilização, para o solo residual basáltico oriundo do município de Chapada (RS). O solo foi contaminado por óleo diesel e a aplicação da técnica teve como material de encapsulamento o cimento portland CP V – ARI e o resíduo da produção do gás de acetileno a cal de carbureto. Para variados teores de agentes estabilizantes e de contaminantes foram realizados ensaios de compressão simples, os quais são utilizados como referencia internacional para a comprovação da eficácia do encapsulamento do contaminante. Constatou-se que quanto mais óleo diesel para um mesmo teor de agente cimentante menor a resistência.

## **Summula**

This work presents the application of the technique of encapsulamento of polluted soil, also known as solidification/stabilization, for the residual basaltic residual soil deriving of the city of Chapada (RS). The soil was contaminated by oil diesel and the application of the technique had as material of encapsulamento the cement Portland CP V - ARI and the residue of the production of the acetylene gas the carbide whitewash. For varied tenors of agents stabilization and of pollutants rehearsals of simple compression were accomplished, which are used as international reference for the proof of the effectiveness of the encapsulamento of the pollutant. It was verified that the more diesel oil for a same tenor of agent smaller cimentante the resistance.

## **Objetivos**

O objetivo deste trabalho é estudar o comportamento de um solo contaminado artificialmente por óleo diesel, analisando sua resistência à compressão não confinada com variados teores de cimento e substituição parcial deste por cal de carbureto.

## **Métodos**

Para a realização dos ensaios de resistência à compressão simples (NBR 12770/92 e NBR 12025/90) os corpos de prova foram moldados em três camadas em molde tripartido com dimensões aproximadas de 5cm de diâmetro e 10cm de altura lubrificadas internamente, sendo que as misturas foram realizadas primeiramente com materiais secos, solo + cimento ou solo + cimento + cal de carbureto, logo a adição de água ou água + óleo diesel, cada camada foi calculada previamente e a quantidade necessária de material determinada em relação à massa.

A soma dos pesos dos materiais secos deveria corresponder a 100% do peso dos materiais sólidos. A quantidade de líquidos na mistura foi calculada a partir da umidade ótima ( $W_{ot}$ ). A compactação dos corpos de prova (CP) foi realizada de forma estática, sendo que os corpos de prova (CP) foram postos à sete dias de cura acondicionados em sacos plásticos fechados, sendo que aqueles que não foram adicionados cimento ou cal de carbureto foram rompidos imediatamente após a desmoldagem. Para ruptura dos corpos de prova foi utilizada uma prensa com anel dinamométrico de capacidade máxima de 50 kN.

O solo estudado nesta pesquisa para fins de caracterização, contaminação e encapsulamento foi coletado as margens da estrada vicinal que liga o município de Chapada (RS) e o distrito de tesouras, como ilustra a figura 01.

Figura 01: Localização da coleta de solo – município de Chapada.

O solo apresenta a predominância da fração argila (63,97 %) seguida por 18,05% de silte e 17,98 % de areia. O ensaio de compactação foi realizado com o intuito de determinar a umidade ótima de compactação e o peso específico seco máximo na energia proctor normal. Observa-se na figura 02 os seguintes valores: 14,07 kN/m<sup>3</sup> de densidade máxima ( $\gamma_d$ ) e 33,15 % de umidade ótima ( $W_{ot}$ ).

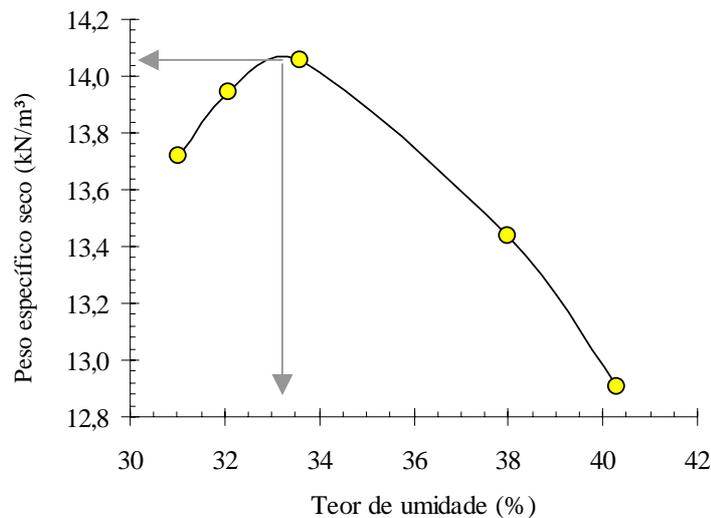


Figura 02: Curva de compactação Proctor Normal

Como material de encapsulamento do contaminante foi utilizado o cimento portland CP V – ARI e o resíduo da produção do gás de acetileno a cal de carbureto. Além da utilização da água destilada, foi utilizado como líquido contaminante o óleo diesel fornecido pela Refinaria Alberto Pasqualini – REFAP/Petrobras (2003), na cidade de Canoas (RS).

## Resultados

Foram realizados 45 ensaios de resistência à compressão simples (RCS), estes ensaios foram realizados de forma padronizada, sendo que antes de serem rompidos os corpos de prova foram imersos previamente por quatro horas em água.

Analisando os resultados para corpos de prova somente compostos de solo e água com os resultados dos corpos de prova com adição de cimento e cimento + cal de carbureto, notamos o aumento significativo da resistência à compressão simples como ilustra a Figura 03.

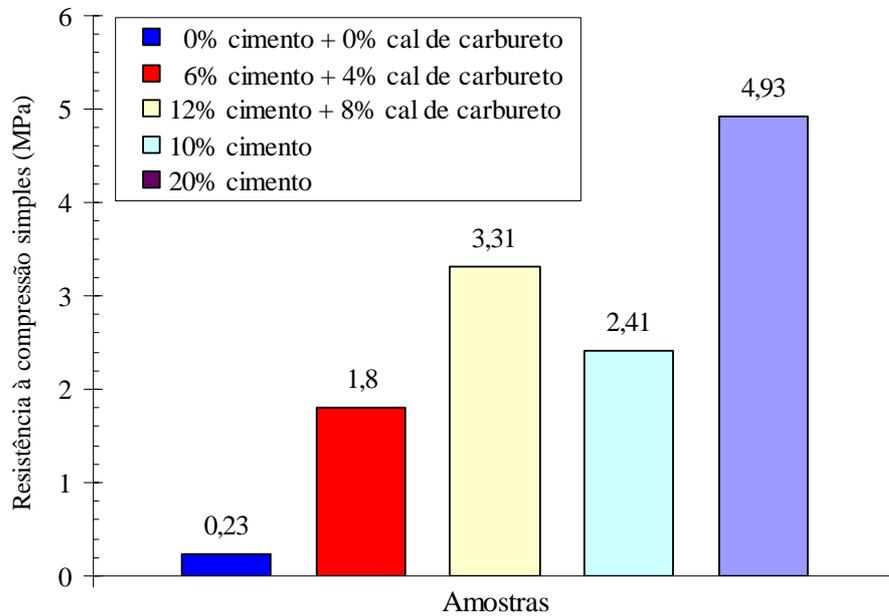


Figura 03: Comparação de resultados de resistência à compressão simples.

Através da Figura 04, pode-se observar o comportamento dos corpos de prova contaminados por óleo diesel com adição de cimento e adição de cimento + cal de carbureto.

Nota-se que a resistência à compressão simples é afetada pela adição de óleo diesel, quanto maior a quantidade de óleo diesel, menor a resistência e conseqüentemente a necessidade de maior quantidade de cimento para o encapsulamento.

Nos casos onde foi adicionada além do cimento, a cal de carbureto, pode-se verificar que houve uma perda de resistência à compressão simples proporcional a maior quantidade de contaminante, apresentando assim um comportamento semelhante aos corpos de prova com a adição de cimento. As amostras de 6% de cimento com 4% de cal de carbureto, quando analisadas com 20% de óleo diesel apresentam resultados de resistência próximos aos corpos de prova com 10% de agente cimentante, com mesmo fator de óleo diesel.

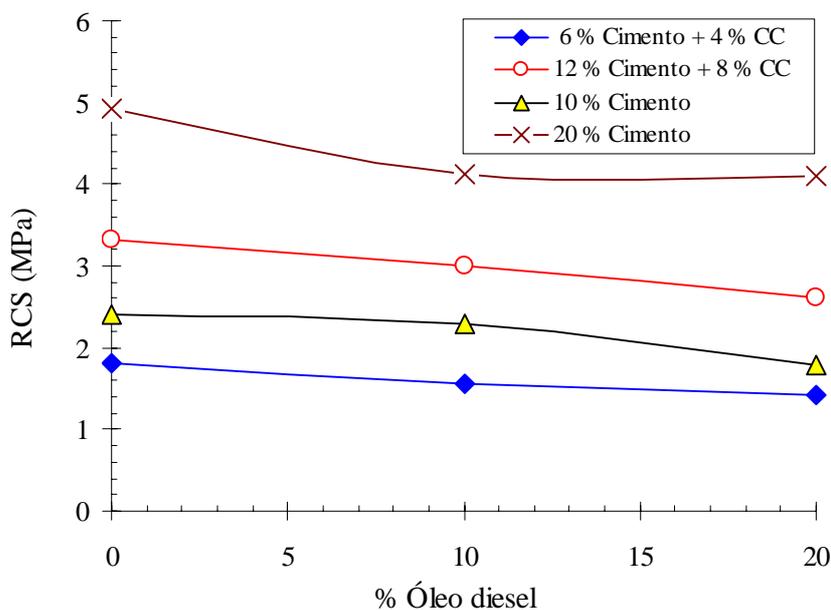


Figura 04: Comparação dos resultados de RCS das variantes investigadas.

Como apresentado na Figura 04, às curvas demonstram a tendência de perda de resistência de um composto encapsulado com o aumento da quantidade de óleo diesel na amostra. Segundo Knop (2003), este comportamento pode ser explicado por dois motivos: o óleo diesel poderia desempenhar função de lubrificante entre os pontos de contato das partículas do solo. O segundo motivo seria devido ao retardamento ou inibição da hidratação do agente cimentante.

## Conclusões

A partir dos resultados e das análises apresentadas no capítulo anterior, foram estabelecidas algumas conclusões:

- A resistência à compressão simples de forma já esperada aumentou com o fator de cimento, tendo uma redução com a adição de óleo diesel. Quanto mais óleo diesel para um mesmo teor de agente cimentante menor a resistência.
- A adição de 4% de cal de carbureto sobre o peso total de cimento apresentou resultados satisfatórios de resistência à compressão simples quando comparado a amostras com 10 % de cimento sobre o peso total de solo e 20 % de óleo diesel sobre a umidade ótima.
- A utilização do resíduo de gás de acetileno (cal de carbureto) pode trazer benefícios à resistência à compressão simples para solos contaminados e não contaminados, sendo que ambientalmente contribui para a destinação do resíduo.