

Análise do Comportamento Geotécnico de um Solo Característico de Curitiba/PR Tratado com Resíduo de Cerâmica Vermelha e Cal

Analysis of the Geotechnical Behavior of a Characteristic Soil of Curitiba/PR Treated with the Red Ceramic Waste and Lime

Kalebe de Almeida Hondo
kalebe@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Amanda Dalla Rosa Johann
amandajohann@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

RESUMO

Solo-cal é uma técnica tradicional de melhoramento/estabilização de solos que necessitam de tratamento com cal para adequar o seu uso em obras geotécnicas. O objetivo do presente trabalho é analisar o comportamento mecânico de um solo característico da região metropolitana de Curitiba/PR (solo fino) tratado com cal e resíduo de cerâmica vermelha. Foram realizados ensaios de caracterização dos materiais, desenvolvido dosagens e analisada a influência de cada material no comportamento mecânico (resistência à compressão simples) do solo. Com os dados obtidos foi possível observar que a incorporação dos materiais (cal e resíduo cerâmico) reduziram a plasticidade do solo e que a incorporação do resíduo cerâmico reduziu a resistência mecânica (compressão simples). Tal redução foi cerca de 13% em relação à resistência do solo natural. Contudo, o resíduo cerâmico combinado com a cal aumenta a resistência mecânica do solo. Tal acréscimo (com a adição de 9% de cal) é de até 243% em relação ao solo natural.

PALAVRAS-CHAVE: compressão simples. comportamento geotécnico. solo-resíduo cerâmico vermelho-cal. solo fino.

ABSTRACT

Soil-lime is a traditional technique of soil improvement/stabilization that requires treatment with lime to adapt its use in geotechnical works. The objective of the present work is to analyze the mechanical behavior of a soil characteristic of the metropolitan region of Curitiba/PR (fine soil) treated with lime and red ceramic waste. Material characterization tests were carried out, dosages were developed and the influence of each material on the mechanical behavior (resistance to simple compression) of the soil was analyzed. With the data obtained it was possible to observe that the incorporation of the materials (lime and ceramic waste) reduced the plasticity of the soil and that the incorporation of the ceramic waste reduced the mechanical resistance (simple compression). Such reduction was about 13% relative to the natural soil resistance. However, the ceramic waste combined with lime increases the mechanical strength of the soil. Such increase (with the addition of 9% lime) is up to 243% relative to the natural soil.

KEYWORDS: Simple Compression. Geotechnical Behavior. Soil-Red Ceramic Waste-Lime. Fine Soil.

Recebido: 31 ago 2018.
Aprovado: 04 out 2018.



INTRODUÇÃO

A Formação Guabirota é uma formação geológica da Bacia Sedimentar de Curitiba, da qual é a principal unidade estratigráfica. Os sedimentos desta Formação são encontrados na região metropolitana de Curitiba/PR, abrangendo os municípios de Curitiba, Campo Largo, Colombo, Almirante Tamandaré, Pinhais, Piraquara, Campina Grande do Sul, Quatro Barras, Araucária, Fazenda Rio Grande, São José dos Pinhais e Tijucas do Sul, com uma área de aproximadamente 900 km². Os solos desta Formação são constituídos principalmente por solos finos (argilas siltsosas, siltes argilosos, etc), e em geral apresentam consistência elevada, porém constituem planos de fraqueza durante o manuseio (KORMANN, 2002).

O uso da cal como aditivo em solos é um dos métodos mais antigos que existem. O tratamento de solos finos com cal proporciona melhorias significativas na textura e estrutura do solo, reduz a plasticidade e aumenta a resistência mecânica do mesmo (CRISTELO, 2001).

Dranka (2016) descreve em sua pesquisa que ao adicionar resíduo de cerâmica velha (RCV) provenientes da demolição de telhas cerâmicas em um solo da Formação Guabirota fez a plasticidade e expansão do mesmo reduzirem, além de aumentar os valores do índice de suporte Califórnia.

METODOLOGIA

O solo analisado em todos os ensaios foi coletado no município de Curitiba/PR, próximo a UTFPR/ECOVILLE. A amostra foi destorroada e colocada na estufa por um período de 24h para ser utilizada no estado seco.

O resíduo utilizado nesta pesquisa foi o mesmo utilizado por Dranka (2016), obtido de uma residência em demolição, sendo todas as telhas do modelo francesa (planas de encaixe).

A cal utilizada é do tipo hidratada CH-III e foi empregada água destilada nos ensaios de caracterização e moldagem dos corpos de prova.

Após a preparação dos materiais foi realizada a mistura solo-RCV-cal, mantendo o mesmo teor de cerâmica para diferentes teores de cal, para analisar o comportamento geotécnico do solo. As misturas adotadas foram: solo natural (OCOL); 15 % de RCV e 3% de cal (15C3L); 15% de RCV e 5% de cal (15C5L); 15% de RCV e 7% de cal (15C7L); e 15% de RCV e 9% de cal (15C9L). Totalizando 6 misturas.

A análise granulométrica do solo e do resíduo foi preconizada pela NBR 7181/2016.

Os limites de Atterberg foram determinados conforme a NBR 7180/2016 e NBR 6459/2016.

A determinação da massa específica real dos grãos (Gs) do solo, foi realizado conforme a NBR 6508/1984, para o RCV e a cal foi feito conforme, NBR NM 23/2001.

A NBR 7182/1986 prescreve a preparação das amostras de solo para os ensaios de compactação. Com base nos parâmetros (peso específico aparente

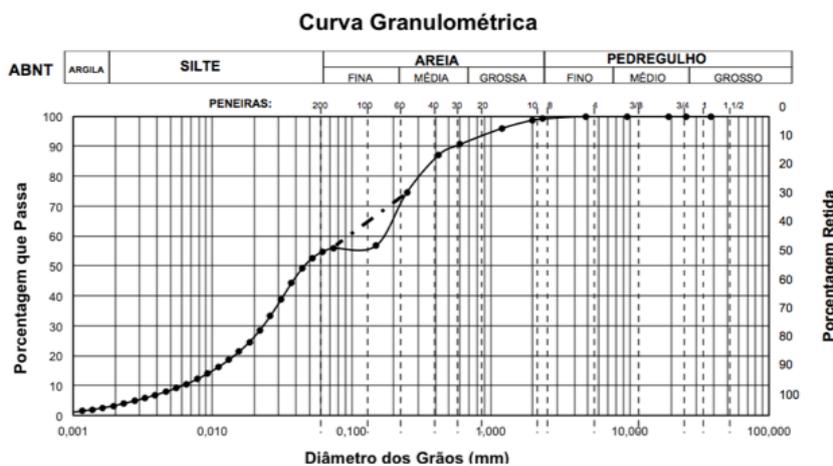
seco máximo e umidade ótima) obtidos na curva de compactação Proctor (energia normal) do solo natural foi realizada a moldagem dos corpos de prova das misturas solo-RCV-cal.

O ensaio de resistência à compressão simples foi realizado conforme preconizado na NBR 12770/1992, após realizada a cura por 28 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A curva granulométrica do solo natural obtida está ilustrada na Figura 1.

Figura 1. Curva Granulométrica do Solo

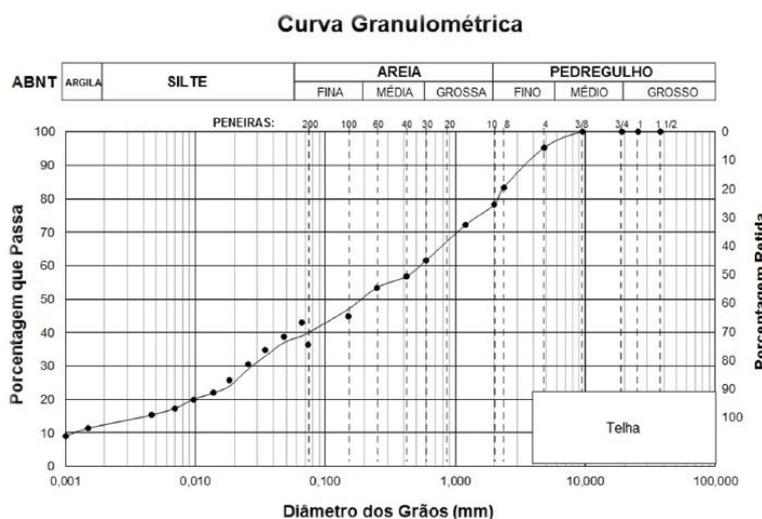


Fonte: Rissardi (2018)

Por meio da curva granulométrica obtida, tem-se aproximadamente a seguinte composição: 0% de pedregulho; 8% de areia grossa; 20% de areia média; 17% de areia fina; 51% de silte, e 4% de argila.

A Figura 2 apresenta a curva granulométrica do RCV obtida por Dranka (2016).

Figura 2. Curva Granulométrica do RCV



Fonte: Dranka (2016).

Por meio da curva granulométrica, tem-se a seguinte composição correspondente: 22% a pedregulho; 17% a areia grossa; 12% a areia média; 8% a areia fina; 29% a silte, e 12% a argila.

Na Tabela 1 está descrito o resultado do Índice de Plasticidade (IP) das misturas estudadas, assim como o limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP).

Tabela 1 – IP das Misturas Solo-RCV-Cal

Mistura	LL (%)	LP (%)	IP (%)
0C0L	51	40	11
15C0L	45	45	NP
15C3L	44	41	3
15C5L	44	39	5
15C7L	43	41	2
15C9L	47	38	9

Fonte: Autoria própria (2018).

A Tabela 2 apresenta os valores da massa específica real (Gs) do solo, RCV e cal obteve-se através de ensaio. Para as misturas solo-RCV-cal foi realizado o cálculo do Gs por média ponderada.

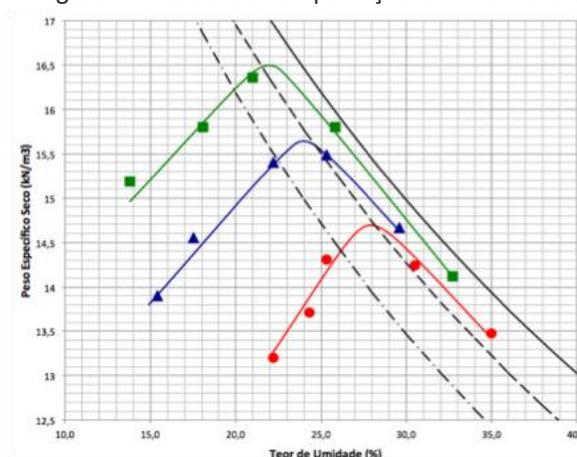
Tabela 2 – Massa Específica Real dos Grãos e das Misturas

	Gs (g/cm ³)
RCV	2,62
Cal	2,39
0C0L	2,72
15C0L	2,71
15C3L	2,70
15C5L	2,69
15C7L	2,69
15C9L	2,68

Fonte: Autoria própria (2018).

A Figura 3 apresenta o gráfico de compactação Proctor, apenas os dados da energia normal foram utilizados para a moldagem dos corpos de prova.

Figura 3 – Curvas de Compactação do Solo Natural.

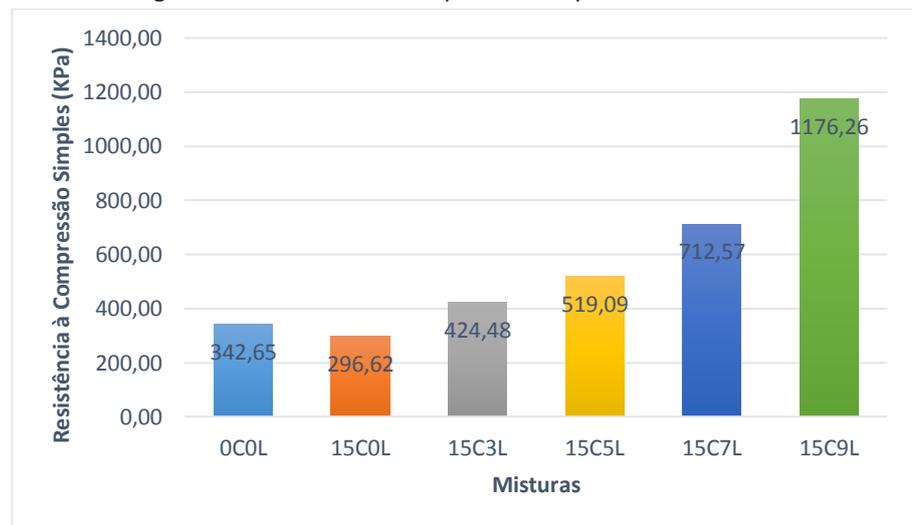


Fonte: Rissardi (2018).

O peso específico aparente seco máximo (Y_d) e a umidade ótima ($W_{ótima}$) de compactação obtidos foram, $Y_d = 14,70 \text{ kN/m}^3$, e $W_{ótima} = 27,8\%$, respectivamente.

Na Figura 4 apresenta-se os valores médios de resistência à compressão simples (q_u) obtidos das misturas solo-RCV-cal.

Figura 4 – Resistência à Compressão Simples das Misturas



Fonte: Autoria própria (2018).

Por meio da Figura 10, nota-se que apenas a incorporação de RCV no solo (mistura 15COL) proporcionou uma redução na resistência do solo natural (mistura 0COL), enquanto todas as misturas de solo com RCV e cal apresentaram aumentos de até 3,4 o valor de q_u da mistura com apenas solo natural.

CONCLUSÃO

As misturas solo-RCV-cal analisadas neste estudo apresentaram acréscimo de até 3,4 na resistência à compressão simples em relação ao solo natural, mostrou-se ser uma alternativa de solo tecnicamente viável. Além disso, a incorporação de RCV e de cal reduziram o G_s e a plasticidade do solo.

A partir dos resultados obtidos, as misturas solo-RCV-cal podem ser viáveis (dependendo do comportamento expansivo do solo, da distância de transporte e dos requisitos de projeto em termos de resistência), para diversas aplicações, como melhoramento de solo para fundações superficiais e para pavimentação.



REFERÊNCIAS

MORALES KORMANN, Alessandro Christopher. Comportamento geomecânico da Formação Guabirotuba: estudos de campo e laboratório. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Geotécnica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

DRANKA, Ricardo Bazzani. Melhoramento de Solo com uso de Telha Cerâmica Moída Oriunda de Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil – UTFPR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, PR. 2016. 95 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo - Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, RJ. 1988. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, RJ. 2016. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: Solo – Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, RJ. 2016. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6508: Grãos de Solo que Passam na Peneira de 4,8mm - Determinação da Massa Específica. Rio de Janeiro, RJ. 1984. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 23. Cimento Portland e Outros Materiais em Pó - Determinação da Massa Específica. Rio de Janeiro, RJ. 2001. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182: Solo - Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, RJ. 1986. 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12770. Solo coesivo - Determinação da resistência à compressão não confinada - Método de ensaio. Rio de Janeiro, RJ. 1992. 4p.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha professora orientadora, ao aluno de mestrado que me auxiliou, sanando dúvidas e dando indicações.