



Análise da Adição do Resíduo de Polimento Cerâmico em Misturas Solo-Cal

Analysis of Addition of Ceramic Residue on Unsaturated Soil-Lime

Roberth de Jesus Carvalho*, Prof^(a) Dr^(a) Amanda Dalla Rosa Johann[†],

RESUMO

Na presente pesquisa realizou-se a caracterização do solo da região de Curitiba, para que assim se realize testes que possam melhorar em campo o desempenho do solo, utilizando o Resíduo de Polimento Cerâmico (RPC). Na busca de formas mais sustentáveis para o melhoramento do solo, utilizando-se de um material que seria descartado pela indústria cerâmica. Isso por possuir propriedades plastificantes, além da combinação com a Cal Hidratada. Iniciou-se com ensaio de granulometria e preparação do solo, pra se obter os Limites de Atterberg, determinação da umidade ótima e também foi feito o ensaio de compressão axial simples. Todos esses, nas seguintes dosagens: Solo, 5%, 10%, 15% RPC e também combinadas com 3% de Cal, dosagem determinada com base em estudos anteriores. Resultando em melhores resultados quando combinado com a Cal, já que nos limites de liquidez e de plasticidade houve menor desvio padrão, além de que nos ensaios de compressão axial o aumento da resistência mostrou-se significativo, essa diferença é ainda maior quando quanto mais aumenta-se o teor de resíduo de polimento cerâmico na mistura. Dessa forma, observa-se a pertinência do estudo para a utilização desse resíduo nas obras geotécnicas, já que além da diminuição da Cal, material poluente, o impacto ambiental ainda é reduzido, por reutilizar o que seria descartado pela a indústria e reaproveitando-o de forma a beneficiar a construção civil e o meio ambiente.

Palavras-chave: solo-cal, resíduo de polimento cerâmico, limites de Atterberg, resistência.

ABSTRACT

In this research consists of the soil characterization of Curitiba region, so that tests can be carried out that can improve the performance of the soil in the field, using the Ceramic Polishing Waste. In the search looking for more sustainable ways to improve the soil, using a material that would be discarded by the ceramic industry. This due to the plasticizing properties, in addition to the combination to Hydrated Lime. It began with a granulometry test and soil preparation, to obtain the Atterberg Limits, determination of optimal moisture and the simple axial compression. All of these, in the following dosages: Soil, 5%, 10%, 15% RPC and also combined with 3% of lime, dosage determined with pass in previous studies. Resulting in better results when combined with lime, since in the liquidity and plasticity limits there was a smaller standard deviation, and in the axial compression tests the increase in strength was significant, this difference is even greater when the more it increases the content of ceramic polishing residue in the mixture is checked. Thus, the relevance of the study for the use of this waste in geotechnical works is observed, since in addition to the reduction of lime, a polluting material, the environmental impact is still reduced, by reusing what would be discarded by the industry and reusing it in order to benefit civil construction and the environment.

Keywords: soil, ceramic polishing residue, Atterberg limits, strength.

* Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil; roberthcarvalho@alunos.utfpr.edu.br

[†] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba; amandajohann@utfpr.edu.br



1 INTRODUÇÃO

O estudo do solo é de grande importância para a viabilização de várias construções, por esse motivo é importante que se estude suas propriedades e assim, caso necessário, com a engenharia geotécnica sejam feitas melhorias no desempenho do solo, seja no campo com energia mecânica, para compactação, para drenagem ou então com adições ao solo, como por exemplo alguns resíduos e até outros materiais cimentantes.

Nesse contexto a cal já vem sendo utilizada desde a antiguidade para a estabilização do solo, na tentativa da substituição ou então complementação desse material estuda-se outros aditivos cimentantes, como o que é objeto desse estudo, o resíduo de polimento cerâmico (RPC), que além de trazer melhorias a estabilidade do solo, ainda reduz o impacto ambiental com sua reutilização.

Isso porque, a construção civil é a área responsável por maior parte da poluição, por causar grandes impactos ambientais, conforme boletim técnico da escola politécnica da USP, a preocupação com a sustentabilidade é crescente, como a reutilização de materiais que seriam descartados em aterros em uma nova construção, um desses materiais é o resíduo da produção de cerâmica, esse material gerado possui propriedades capazes de melhorar as propriedades dos blocos de alvenaria, como é evidenciado por Santana, G.L., em artigo no Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Por ter apresentado melhora nas propriedades desse material, instigou-se a utilização dessa adição para melhoria de outras áreas na construção civil como no solo, que é objetivo desse estudo, analisando as melhorias no desempenho, além de combinar com a cal que já é utilizada para esse fim.

2 MÉTODO

Para o desenvolvimento dessa pesquisa foram determinadas com experimentos em laboratório algumas das propriedades do solo para finalmente observar sua resistência à compressão axial, com as adições. Os materiais utilizados foram um solo da região de Curitiba, um resíduo que provém de uma indústria da região de Curitiba que produz placas cerâmicas e a Cal hidratada CH-III.

Inicialmente, realizou-se ensaios para determinar os limites de Atterberg. O Limite de Liquidez (LL), realizado conforme a NBR 6459: Solo—determinação do limite de liquidez (ABNT, 2016), determina o limite entre o estado líquido e o estado plástico do solo. O ensaio consiste na aplicação de golpes sobre uma concha (Aparelho de Casagrande) numa massa de solo, como observa-se na Fig. 1 a seguir. O Limite de Liquidez é atingido aos vinte e cinco golpes. Verifica-se então a umidade do solo para cada um dos ensaios.

Figura 1 – Aparelho de Casagrande



Fonte: Autoria Própria (2020)



Como é possível observar na figura anterior, a forma com que se é feito ensaio, forrando parte da concha e separando-a com aparelho, separando o solo, então após a junção das faixas de solo, nessa área que se é feita a coleta do solo para verificação da umidade.

Também nos limites de Atterberg determina-se o Limite de Plasticidade (LP), determinado pela NBR 7180 Solo—determinação do limite de plasticidade (ABNT, 2016) para atingir o limite entre o estado plástico e semi-sólido do solo e consiste na moldagem de um corpo de prova cilíndrico com 3mm de diâmetro até que ele comece a se fraturar. Ao apresentar sinais de ruptura, com o diâmetro especificado, coleta-se uma amostra e verifica-se a umidade. Caso a fratura ocorra antes mesmo de se alcançar o diâmetro estabelecido em norma, refaz-se o ensaio, o mesmo vale para quando se alcança a dimensão e não há ao menos rachaduras, então faz novamente uma esfera com o solo e repete o processo de formação do corpo cilíndrico.

Com esses dois resultados é possível ainda determinar o Índice de Plasticidade, que é a diferença entre o LL e o LP. Na imagem abaixo é possível observar os materiais utilizados, como a superfície de vidro e um cilindro para que fossem comparadas as espessuras:

Figura 2 – Ensaio do Limite de Plasticidade



Fonte: Autoria Própria (2020)

Observa-se a equivalência entre os formatos do solo e do molde, a amostra é retirada de onde apresenta-se os sinais de rachadura para levar ao forno para secagem e aferição da umidade.

Após a obtenção desses dados realizou-se o ensaio de Proctor para que fosse determinado a umidade ótima e o peso específico aparente seco do solo. Conforme a NBR7182 (ABNT, 2016) as amostras foram moldadas com energia normal, ou seja, três camadas sucessivas com vinte e cinco golpes com um soquete de 2,5Kg caindo de uma altura de 30,5cm. A umidade inicial determinada para o ensaio foi de 24%, e acrescido 2% a cada novo ensaio. Assim, quando a massa total começa a baixar, realiza-se mais uma vez, coletando três amostras para coletar a umidade. Se é traçado um gráfico em formato parabólico intermediando os pontos e assim define-se a umidade ótima.

Posterior a esse ensaio foi possível a moldagem de corpos de prova cilíndricos com dimensão de 10x5cm, nas seguintes dosagens: solo com 5, 10, 15% RPC com acréscimo de 3% de cal. Após 28 dias de cura em câmara úmida os 5 corpos de prova de cada dosagem foram ensaiados à compressão simples axial, rompidos com ensaio de compressão axial conforme a NBR 12770 (ABNT, 1992).

3 RESULTADOS



Apresentam-se a seguir os resultados referentes aos limites de Atterberg, conforme a tabela 1 à seguir:

Tabela I: Limites de Atterberg

Dosagem	LL (%)	LP (%)	IP (%)
0R0C	52,21	42,73	9,48
5R0C	49,69	35,66	14,03
10R0C	48,82	33,57	15,25
15R0C	49,87	36,04	13,83
5R3C	49,73	37,3	12,43
10R3C	49,28	38,23	11,05
15R3C	49,75	40,59	9,16

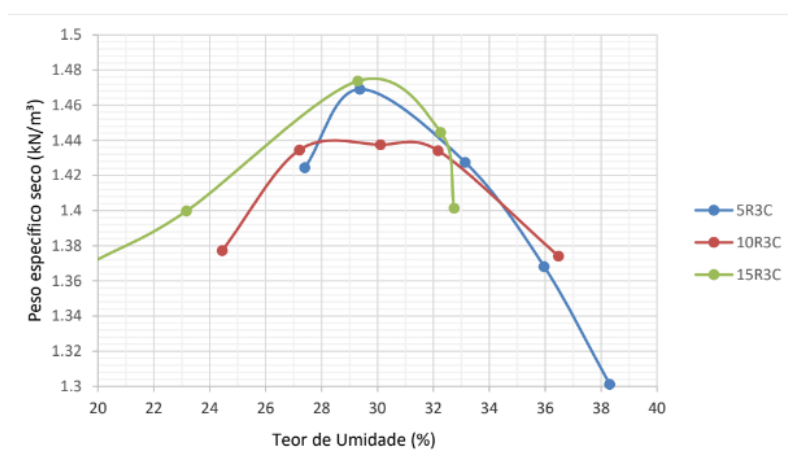
Fonte: Autoria Própria (2020)

Nas tabelas desse trabalho, leia-se XRYC, onde X representa o percentual de resíduo de polimento cerâmico e Y o percentual de Cal Hidratada na mistura.

Através da tabela é possível observar que ao adicionar o resíduo de polimento cerâmico houve uma pequena diminuição no percentual do limite de liquidez e o limite de plasticidade seguiu a mesma tendência, inclusive com a adição de mais 3% da Cal hidratada aumentou ainda mais o percentual. Como consequência, já que o LL e o LP diminuíram quanto maiores fossem as adições, o Índice de Plasticidade apresentou um pequeno aumento mas a cal provoca uma queda no valor do IP das misturas porém todos apresentaram $IP > 7$, logo, conforme a classificação de Jenkins em Caputo, 1987 o solo é mediantemente plástico.

Com o ensaio de Proctor foi feito um gráfico conforme a figura 3, nele é indicando o teor de umidade e também o peso específico seco de 3 dosagens: 5R3C, 10R3C e 15R3C:

Figura 3: Gráfico obtido através do Ensaio de Proctor



Fonte: Autoria própria (2020)

Com os dados da figura acima, utilizando as curvas de cada dosagem, apresentam-se na tabela 2 os índices físicos, umidade ótima (W) e peso específico aparente seco (γ_d):



Tabela II: Índices Físicos

Dosagem	W(%)	γ_d (g/cm ³)
5R3C	30,5	1,47
10R3C	30,7	1,46
15R3C	30,8	1,51

Fonte: Autoria Própria (2020)

Observa-se nessa tabela, diferenças significativas nos valores dos índices físicos de cada uma das dosagens.

Esses dados foram utilizados para moldagem de corpos de prova para o ensaio de resistência à compressão simples, na tabela 3 é apresentada a média das resistências a compressão simples dos cinco corpos de prova para cada mistura, junto do desvio padrão das amostras:

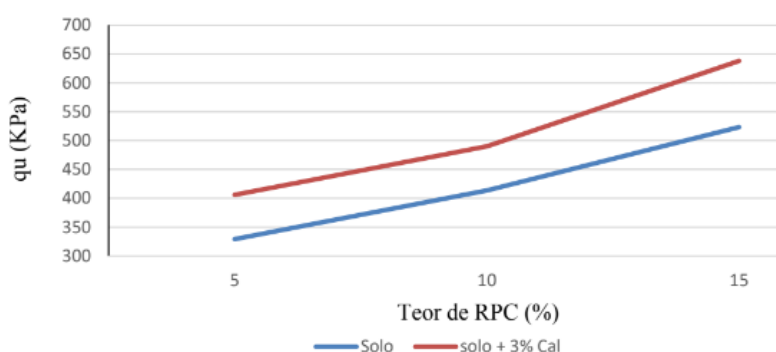
Tabela III: Valores de q_u das misturas

Dosagem	q_u (KPa)	Desvio Padrão
5R3C	406	83,85
10R3C	490	80
15R3C	638	135,5

Fonte: Autoria Própria (2020)

Os dados tabela acima foram comparados com resultados obtidos por LACERDA, L.A. em sua pesquisa, em que realizou os ensaios com o mesmo resíduo utilizado nessa pesquisa, porém sem a adição de 3% de Cal, conforme a fig. 2 à seguir. Essas amostras apresentaram alto coeficiente de variação, devido tanto a moldagem, escarificação dos corpos de prova, como no processo de ruptura, como o posiciona na prensa.

Figura 2 – Gráfico de influência do RPC e da Cal na resistência a compressão simples



Fonte: Autoria Própria (2020)

Através da fig. 2 é possível observar a melhoria da resistência à compressão simples do solo com a adição da porcentagem de cal, maior melhoria quando o teor de resíduo é de 15%. Logo, observa-se que a cal maximiza o poder cimentante do resíduo, tornando a combinação mais vantajosa. Porém devido ao alto desvio padrão, torna-se inviável a constatação desses índices. Isso mostra que para pesquisas posteriores deve-se aumentar o número de amostras e um estudo mais detalhado das variações quanto a resistência.



4 CONCLUSÃO

Com a crescente demanda por construções mais ecológicas, a utilização de resíduos como material que diminui o impacto ambiental é uma grande alternativa, por esse motivo o estudo da propriedade de resíduos para uma possível reutilização. Como o material do estudo acima, o Resíduo de Polimento Cerâmico possui propriedade cimentante que pode ser utilizado de diferentes formas, inclusive na melhoria do desempenho do solo.

Ao observar os resultados dos ensaios realizados, nota-se que o resíduo trouxe melhoria significativa no desempenho, como no ensaio de compressão axial e apresentou aumento significativo conforme aumentada a proporção de resíduo, maximizada ainda com a adição de Cal Hidratada.

Por esse motivo é importante o estudo de diversos materiais, inclusive os que seriam descartados em aterros, para serem utilizados em futuras construções no intuito de diminuir os impactos que a construção civil tem causado no mundo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO V.M. **Análise dos aspectos e impactos ambientais dos canteiros de obras e suas correlações**. Boletim Técnico – Série BT/PCC/544. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010.
- SANTANA, G.L. **Efeito da adição do resíduo de polimento de porcelanato nas propriedades de blocos cerâmicos**. 22º BCECiMat – Congresso Brasileiro de Engenharias e Ciência dos Materiais, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: **Solo–determinação do limite de liquidez**, Rio de Janeiro, RJ, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: **Solo–determinação do limite de plasticidade**, Rio de Janeiro, RJ, 2016.
- CAPUTO H.P. **Mecânica dos solos e suas aplicações – Fundamentos 1**, 1987.
- LACERDA, L.A.. **Análise do comportamento mecânico de um solo fino tratado com resíduo de polimento cerâmico e cal**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil)–Universidade Tecnológica Federal de Paraná. Curitiba. 2019.