

Avaliação da influência da adição de solo argiloso na compressão axial

Ketlen Maria Baena da Silva, Engenharia Civil Centro Universitário Integrado, Brasil.

ketlenbaena01@gmail.com

Vanessa Beatriz Zagotto Moraes, Engenharia Civil, Centro Universitário Integrado, Brasil.

vanessabzagotto@gmail.com

João Cláudio Alcantara dos Santos, Geógrafo, Centro Universitário Integrado, Brasil

joao.claudio@grupointegrado.br

RESUMO

O solo argiloso é reconhecido por sua coloração vermelha-escura, consistência úmida e macia. Composto por mais de 30% de argila, esse tipo de solo também possui elevadas concentrações de ferro e alumínio. É uma formação típica de regiões tropicais, caracterizadas por clima quente e úmido. Além disso é encontrado em abundância no Brasil, e áreas com esse tipo de solo são consideradas adequadas para a construção. Assim, devido à alta densidade e capacidade de aglutinação da argila, os solos predominantes nessa composição são altamente resistentes quando compactados de forma adequada. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência da adição de solo argiloso na resistência mecânica do concreto. Para realizar essa avaliação, foram conduzidos testes laboratoriais utilizando proporções de solo argiloso em substituição parcial do agregado miúdo (areia fina) tradicionalmente utilizado na produção de concreto. **Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que a resistência do corpo de prova com adição de solo argiloso diminui à medida que o tempo de cura aumenta.**

Palavras-chaves: Composição. Testes. Argila. Controle Tecnológico.

ABSTRACT

Clay soil is recognized by its dark red color, moist and soft consistency. Composed of more than 30% clay, this type of soil also has high concentrations of iron and aluminum. It is a typical formation of tropical regions, characterized by a hot and humid climate. It is found in abundance in Brazil, and areas with this type of soil are considered suitable for construction. Due to the high density and binding capacity of clay, the soils predominant in this composition are highly resistant when adequately compacted. Therefore, the objective of this work is to evaluate the influence of the addition of clayey soil on the mechanical strength of concrete. To carry out this assessment, laboratory tests were carried out using proportions of clayey soil in partial replacement of the fine aggregate (fine sand) traditionally used in concrete production. The results obtained in this research indicate that the resistance of the specimen with the addition of clayey soil decreases as the curing time increases.

Keywords: Clayey soil. Tests. Clay

1. INTRODUÇÃO

A importância desse estudo para a engenharia civil é evidente, uma vez que a adoção de materiais alternativos e sustentáveis pode promover avanços significativos na indústria da construção. A utilização de solos argilosos como adição ao concreto pode representar uma oportunidade de desenvolvimento de novos materiais com propriedades melhoradas e menor impacto ambiental.

No entanto, o efeito da adição de solo argiloso no concreto ainda é pouco explorado na atualidade, especialmente em relação à sua influência na resistência mecânica do material. Assim compreender como a adição de argila pode afetar as propriedades mecânicas do concreto é fundamental para avaliar sua viabilidade como material de construção.

Na fundamentação teórica, foi apresentado a formação dos tipos de solo e suas aplicações na engenharia civil, uso do solo argiloso na composição do concreto, estabilização mecânica do solo, utilização do solo argiloso na construção e a resistência do concreto com a adição de solo ou outros materiais.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo investigar a influência da adição de solo argiloso na resistência a compressão axial. Foram realizados ensaios de compressão em corpos de prova com o concreto convencional e o concreto com a adição de argila, para comparar a resistência de ambos. Os resultados deste estudo contribuíram para o desenvolvimento de novos materiais de construção mais sustentáveis e economicamente viáveis, além de terem ampliado o conhecimento sobre o comportamento mecânico do concreto com a adição de solo argiloso.

2.REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Solos

Segundo a ABNT NBR 6502 (1995), o solo é definido como material proveniente a decomposição das rochas pela ação de agentes físicos ou químicos, podendo ou não ter matéria orgânica. Com a ação constante dos intemperismos as rochas tendem a se decompor, dando assim origem ao solo.

Para cada tipo de solo, seja ele argiloso, arenoso ou humoso, existem características químicas e físicas em sua composição que irão reagir de forma única com reagentes utilizados em misturas para diversos fins, assim como, aumento de resistência do solo (NBR 12023/1992).

Na engenharia civil, os solos são categorizados como residuais, sedimentares e orgânicos. Segundo Gusmão Filho (2008), os solos residuais são constituídos por material resultante do intemperismo de rochas ou sedimentos, permanecendo no local original sem serem transportados; em outras palavras, a decomposição e sedimentação ocorrem "*in situ*". Esses solos se formam devido à intemperização das rochas por processos físicos, químicos e biológicos.

Por outro lado, os solos sedimentares são deslocados da sua origem original para outra localização, sendo influenciados por fenômenos como vento, água, gelo e até mesmo pela gravidade. Por fim, em relação aos solos orgânicos, Gusmão (2008) destaca que os sedimentos de origem biológica têm uma baixa propensão ao transporte, uma vez que tendem a permanecer em ambientes de água estagnada.

O solo é um material complexo e variável, mas devido à sua abundância, baixo custo e simplicidade de aquisição e manuseio, oferece diversas oportunidades de utilização na engenharia. No entanto, nem sempre o solo local corresponde às necessidades do projeto. Quando o solo apresenta deficiências em suas características geotécnicas, a execução das obras geralmente se torna

economicamente inviável. Nesses casos, o engenheiro geotécnico pode dispor técnicas para melhorar as propriedades do solo existente, criando assim um material novo apto capaz de atender às exigências de um projeto (ROJAS, 2012).

2.2. Uso do solo argiloso na composição do concreto

Ferreira (2003), mostra em suas pesquisas que grandes quantidades de finos são responsáveis pelo enfraquecimento do efeito aglutinante entre a pasta de cimento e a fração arenosa do solo. Embora o cimento reaja até mesmo com solos finos e tenda a estabilizá-los, a resistência da estrutura colóide/cimento é significativamente mais fraca que a estrutura granular/cimento. O solo argiloso proporcionou melhores resultados em termos de resistência anisotrópica obtida pela combinação de ensaios destrutivos e não-destrutivos.

De acordo com a ABCP (1985) (Associação Brasileira de Cimento), os solos mais arenosos são os que se estabilizam com menores quantidades de cimento, sendo necessária à presença de argila na sua composição, visando dar à mistura, quando umedecida e compactada, coesão suficiente para a imediata retirada das formas. Os solos granulares estabilizam-se pela cimentação nos pontos de contato entre os agregados que os compõem (tais como areia pedregulho ou pedras).

A estrutura cimentada do solo-cimento forma-se por um processo similar ao do concreto, nesta estrutura, a pasta não ocupa todos os vazios pela pequena quantidade de cimento e água empregada, como descreveu Pitta (1995), dando a ela uma menor resistência quando comparada ao concreto, por ter um maior número de vazios e menor densidade.

Os solos finos necessitam de mais cimento para a sua estabilização comparados aos solos grossos, pelo fato de apresentarem maior superfície específica, afirma Lopes (2002).

2.3. Estabilização mecânica do solo

De acordo com Houben (1994), a estabilização mecânica do solo é um processo natural ou artificial no qual o solo, sob a influência de uma carga aplicada, torna-se mais resistente à deformação e ao deslocamento. A estabilização química é obtida com cimento com um teor de 6 a 12%, dependendo da composição química e granulométrica do solo. A quantidade abaixo de 3% só ocorrerá quando as propriedades mecânicas do solo forem melhoradas.

Conforme Casagrande (2005), aprimorar ou fortalecer solos é o processo que envolve o uso de métodos físicos e/ou químicos para aprimorar as características mecânicas desses solos. O objetivo é aumentar sua resistência e reduzir sua compressibilidade e permeabilidade.

Segundo Corrêa (2008), a estabilização de solos busca aprimorar suas características, como resistência, permeabilidade, compressibilidade e estabilidade volumétrica, por meio de métodos físicos, químicos ou mecânicos.

2.4. Utilização do solo argiloso na construção

Segundo a análise de Machado et al. (1998, p. 124), é evidente que a maior parte das extensas áreas do território brasileiro é composta por solos que, em sua forma natural, não atendem aos requisitos para serem empregados em obras. Portanto, é necessário adotar medidas para aprimorar as características mecânicas desses solos, buscando alternativas viáveis.

Como descrito por Ferraz et al. (2000, p. 1), o solo pode ser utilizado como material de construção em sua forma natural, ou após correção de algumas de suas propriedades de engenharia.

Durante o processo de hidratação e cristalização do cimento, a pasta de cimento envolve fisicamente os grânulos do solo, resultando na formação de agregados que gradualmente aumentam de tamanho. Em um estudo conduzido por Chadda (1970), foi observado que o teor de argila em dois solos argilosos diminui à medida que o teor de cimento aumenta.

De acordo com Baptista (1976), as reações fundamentais envolvidas na estabilização de um solo na presença de cal podem ser classificadas em quatro categorias principais: troca de íons, floculação, carbonatação e reação pozolânica ou cimentação.

2.5. Resistência do concreto com adição de cimento ao solo ou outros materiais

Prietto (1996) constatou que a introdução de cimento ao solo promove alterações significativas em suas propriedades geotécnicas. De modo geral, isso se traduz em aprimoramentos na rigidez e resistência do solo, modificações nos limites de consistência, diminuição da compressibilidade, aumento da durabilidade em ciclos de umedecimento e secagem, além de um acréscimo na permeabilidade em solos argilosos, enquanto ocorre uma redução em solos granulares.

Por sua vez, Núñez (1991) concluiu que as características globais dos solos estabilizados com cimento dependem, em primeira instância, da quantidade de cimento utilizada e, em seguida, do processo de compactação. A compactação é de importância crucial, especialmente quanto ao momento em que é executada, uma vez que perde eficácia após a hidratação do cimento.

3. METODOLOGIA

A condução deste estudo envolveu várias etapas, incluindo a pesquisa para a preparação dos materiais, a dosagem do concreto, a confecção dos corpos de prova e a realização dos testes de resistência a compressão axial, conforme detalhado nos subitens a seguir.

3.1. Preparação dos materiais

O solo utilizado no estudo foi coletado no Conjunto Residencial Ilha Bela, situado na cidade de Campo Mourão - PR, em coordenadas geográficas aproximadas de -24.032461, -52.355615. Este solo exibe uma textura argilosa e tem uma tonalidade avermelhada. Na (Figura 1), é apresentado o ponto de coleta e a localização geográfica exata do solo.



Figura 1 - Localização do ponto de coleta. Fonte: Google Earth (2023).

Após a coleta do solo, realizou-se um processo de secagem em uma estufa a 60°C para prepará-lo para a fase de peneiragem. Utilizaram-se duas peneiras: uma com abertura de 2,36 mm (Figura 2) para a remoção de partículas maiores e outra com abertura de 1,4 mm (Figura 3) para a eliminação de partículas menores. A (Figura 4) mostra o solo após o processo de peneiragem.



Figura 2 – Peneira com abertura de 2,36mm. Fonte: Autoria Própria (2023).



Figura 3 – Peneira com abertura de 1,40mm. Fonte: Autoria Própria (2023).



Figura 4 - Solo após peneiração. Fonte: Autoria Própria (2023).

Além do solo, foram empregados aglomerantes (cimento), agregados (areia fina e brita 2) e água. A brita foi introduzida na betoneira, seguida da adição de metade da quantidade de água. Após a completa homogeneização e umedecimento da brita, incorporou-se a areia e o solo argiloso, o cimento e o restante da água, onde teve o processo de mistura por aproximadamente 10 minutos. A inclusão do cimento como último componente ocorreu devido à sua natureza aglomerante, que inicia uma reação ao entrar em contato com a água. Essas precauções foram adotadas para garantir um início uniforme do processo de hidratação do cimento em toda a mistura.

3.2. Dosagem do concreto

No concreto convencional, foram adotadas as proporções 1:2:2, onde para cada unidade de cimento (1), adicionou-se 2 unidades de areia fina e 2 unidades de brita nº2. Já nos corpos de prova com a adição, a areia foi parcialmente substituída por

solo argiloso, com um total de 5%, mantendo as mesmas quantidades de cimento e brita.

3.3. Confeção dos corpos de prova

Após a preparação do concreto convencional e o concreto com adição do solo argiloso, foram executados 4 corpos de prova sendo dois convencionais e dois com a adição.

Para a realização do teste de resistência mecânica foi utilizado moldes cilíndricos com dimensões de 10cm de diâmetro por 20cm de altura, submetidos a adensamento manual, o procedimento envolve duas camadas, sendo que cada uma delas é compactada por meio de 12 golpes aplicados com uma haste metálica.

Os golpes devem ser distribuídos uniformemente na seção transversal do corpo de prova, sendo importante evitar golpear a base do molde na primeira camada. Nas camadas subsequentes, o adensamento deve ocorrer em toda a espessura, com a haste penetrando aproximadamente 2cm na camada anterior, conforme especificado pela NBR 5738:2015.

Os moldes antes da introdução do concreto, foram untados com spray desmoldante. Ficaram em uma estufa sobre uma base plana e seca como ilustrado na (Figura 5), onde permaneceram por 24 horas, protegidos contra circulação, exposição solar, respingos de água e vibrações ou contatos.



Figura 5 - Corpos de prova na câmara úmida. Fonte: Autoria Própria (2023).

3.4. Realização dos testes de resistência a compressão

Os testes de resistência das amostras foram realizados utilizando uma prensa hidráulica, a qual distribui a carga de maneira uniforme por toda a superfície do corpo de prova. Na prensa, a aplicação da carga cessa no momento em que ocorre

a ruptura dos corpos de prova, evidenciando, assim, a força máxima de suporte da amostra.

O primeiro teste foi feito após um período de 14 dias de cura, com a imersão na água ocorrendo 24 horas após a introdução na câmara úmida. Foram dedicados 7 dias de cura de um lado e, posteriormente, 7 dias do outro lado. Para assim ser realizado o teste de resistência dos dois blocos, sendo: um com a adição do solo argiloso, conforme a (Figura 6) e o outro com o bloco convencional, conforme (Figura 7).



Figura 6 - Teste de resistência com adição de solo argiloso. Fonte: Autoria Própria (2023).



Figura 7 - Teste de resistência do concreto convencional. Fonte: Autoria Própria (2023).

Após a execução de ambos os ensaios de resistência, conforme a NBR 5739/2018 a ruptura ocorreu na parte inferior dos blocos, tendo uma fratura tipo “F” como mostrado na (Figura 8).



Figura 8 - Local de rompimento. Fonte: Autoria Própria (2023).

O mesmo procedimento foi aplicado ao corpo de prova de 21 dias, como demonstrado na (Figura 9) e (Figura 10).



Figura 9 – Teste de resistência com adição. Fonte: Autoria Própria (2023).



Figura 10 - Teste de resistência do concreto convencional. Fonte: Autoria Própria (2023).

Após a execução de ambos os ensaios de resistência, conforme a NBR 5739/2018 a ruptura ocorreu na parte superior e inferior dos blocos, tendo uma fratura tipo “F” como mostrado na (Figura 11).



Figura 11 - Local de rompimento. Fonte: Autoria Própria (2023).

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com os testes de compressão simples foram descritos na tabela 1.

Tabela 1 – Resultados dos Ensaios de Resistência a Compressão Simples

Corpo de Prova	Teor de Argila	Idade do CP* (dias)	Resistência (Mpa)
1	5%	14	13,79
2	0%	14	13,56
3	5%	21	12,55
4	0%	21	13,08

Obs: CP* = Corpo de Prova.

Os resultados apontam que, considerando a presença de solo argiloso nas amostras com 14 dias de cura, observou-se uma resistência superior em comparação com o concreto convencional, porque o seu contato com a água no processo de cura foi menor. Segundo Rosa (2010), pode-se estabilizar com adição de cimento, solos de qualquer granulometria, porém, os solos de granulometria mais fina necessitam de uma maior quantidade de cimento, em comparação aos de granulometria maior, para atingir uma resistência adequada.

Contudo, para os corpos de prova com 21 dias, a resistência apresentou variações, indicando que o concreto convencional demonstrou maior resistência em relação ao incorporado com solo argiloso, pois o seu tempo de cura foi maior. Nesse caso, como visto na seção 2.1 o engenheiro geotécnico pode dispor técnicas para

melhorar as propriedades do solo existente, criando assim um material novo apto capaz de atender às exigências de um projeto (ROJAS, 2012).

Corroborando com Machado et.al (1998) como foi exposto na seção 2.4, o solo em sua forma natural não atende os requisitos para serem empregados em obras, portando é necessário adotar medidas para aprimorar as características mecânicas desses solos, buscando alternativas viáveis, como aumentar a quantidade de aglomerantes (cimento), ou até mesmo tendo sua cura ao ar. Considera-se o concreto com cura ao ar, aquele que não é submetido a nenhum tipo de cura (molhagem) do concreto, ou seja, fica exposto à temperatura ambiente sem nenhuma hidratação.

Conforme apresentado na tabela 2, durante o período de cura submersa de 14 dias, o concreto com a inclusão de argila demonstrou uma resistência superior em 0,23 MPa em comparação com o concreto convencional. Entretanto, ao atingir o período de 21 dias, observou-se uma inversão na resistência, com o concreto convencional exibindo uma resistência superior à do concreto com adição de argila, aumentando a diferença para 0,53 MPa.

Tabela 2 – Resultados dos Ensaios de Resistência a Compressão Simples

Corpo de Prova	Teor de Argila (%)	Ø CP (mm)	Área CP (mm ²)	Força (N)	Tensão (Mpa)
1	5	100	7853	108360	13,79
2	0	100	7853	106490	13,56
3	5	100	7853	98550	12,55
4	0	100	7853	102770	13,08

Os resultados obtidos foram comparados a um estudo realizado por Alisson Costa Souza et.al (2022). Onde foram feitos 10 corpos de prova, sendo: dois corpos de prova com processo de cura ao ar; dois corpos de prova com processo de cura por molhagem; dois corpos de prova com processo de cura por submersão em água e cal hidratada; dois com adição de sílica ativa e processo de cura ao ar e dois com adição de sílica ativa e processo de cura por submersão em água e cal hidratada.

Alisson et.al (2022) conclui que todos os corpos de prova que passaram por processo de cura, apresentaram melhores resultados de resistência à compressão, já nos primeiros dias. Quanto aos dois processos de cura úmida: por molhagem, que é feito de forma manual, molhando o concreto, geralmente com o uso de uma mangueira, porém sem precisão da quantidade de água que é utilizada; e a submersão, que é feito através de uma espécie de tanque d'água, onde se tem uma mistura em cal hidratada e água, pode-se afirmar que, os corpos de prova com cura submersa apontam maior resistência (tanto o sem e com adição de sílica) em relação a cura por molhagem constante. Porém, a cura submersa apresenta evolução crescente na resistência, ao passar dos dias. Nota-se que, os corpos de prova que passaram por cura úmida, sejam por molhagem ou submersão,

apresentam melhores desenvolvimentos no processo, levando em consideração, o aumento da resistência à compressão.

Após comparações entre ambos trabalhos, constatou-se que devido ao solo argiloso ser o principal material utilizado nessa pesquisa, a sua resistência foi menor porque ao entrar em contato com água por muito tempo ela se torna um líquido viscoso. Já no outro trabalho foi utilizado a sílica que é um material pozolânico obtido a partir do aquecimento do silício em forno elétrico a arco submerso. De acordo com DAL MOLIN (1995), o espaço para o crescimento dos produtos de hidratação é menor, fazendo com que sejam produzidos um número maior de pequenos cristais, tendo então uma resistência maior, devido a pouco espaço para a circulação de água.

Considerando que o propósito não foi atingido devido à limitada resistência do material empregado como adição, constata-se que o solo argiloso não responde de maneira favorável no que se refere à resistência à compressão do concreto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, o presente trabalho de conclusão de curso trouxe conhecimento prático a respeito do comportamento do solo em diferentes situações, como o solo com a adição de cal, para base e sub-base; solo cimento, entre outros.

Tendo em vista que o objetivo não foi alcançado, devido a baixa resistência do material utilizado como adição. O solo argiloso não reage positivamente com o concreto no que diz respeito a resistência a compressão, como foi visto na seção 3.4.

Estes resultados mostram a possibilidade da utilização do solo argiloso, caso o processo de cura seja feito ao ar como citado na seção 4. Tendo em vista o melhoramento do concreto, visando a economia de recursos e desenvolvimento da construção civil.

6. AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus e aos meus professores e orientadores que me auxiliaram na pesquisa e desenvolvimento deste trabalho, assim como na minha formação docente.

6. REFERÊNCIAS

- (1) ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.
- (2) ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e solos.** Rio de Janeiro, 1995.
- (3) ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2018.
- (4) ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12023: Solo - cimento - Ensaio de compactação.** Rio de Janeiro, 1992.

- (5) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – **ABCP**
Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais. Publicações ABCP, São Paulo, 1985.
- (6) BAPTISTA, C. F. N. Pavimentação, Tono II, Compactação de Solos no Campo; Camadas de Base; Estabilização de Solos, **2ª Ed., Editora Globo.** Porto Alegre, 178. 1976.
- (7) CASAGRANDE, M. D. T. Comportamento de solos reforçados com fibras submetidos a grandes deformações. 2005. 217 p. **Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS,** Porto Alegre, 2005.
- (8) CHADDA, L. R. The phenomenon of aggregation in the stabilization of soils with cement. India, Central Road Res. Inst. New Delhi. **Indian Concrete Journal 44(5): 210-212.** 1970.
- (9) CORRÊA, Juliana F. Avaliação das melhorias das propriedades físicas e mecânicas de solos originados de rochas sedimentares pela adição de cal para fins de pavimentação. Dissertação (Mestrado). **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, BR-SC,** 2008.
- (10) DAL MOLIN, D.C.C. **Adições minerais para concreto estrutural. In: Concreto: ensino, pesquisa e realizações V1 / ed. G. C. ISAIA.** São Paulo: IBRACON, 2005.
- (11) FERRAZ, R. L.; BELICANTA, A.; GUTIERREZ, N. H. M. Estudo comparativo de alguns métodos de dosagens de misturas solo-cimento. Maringá, PR: **Editora EDUEM: UEM,** 6 p. 2000.
- (12) FERREIRA R. C. Desempenho físico-mecânico e propriedades termofísicas de tijolos e mini-painéis de terra crua tratada com aditivos químicos. **Tese de Mestrado, Campinas, SP, FEAGRI, UNICAMP,** 229p. 2003.
- (13) GUSMÃO FILHO, J. de A., Solos. **Da Formação Geológica ao Uso na Engenharia. 480 2º ed,** Recife, 2008.
- (14) Houben, H., & Guillaud, H. **Earth construction: a compressive guide. Intermediate Technology Publications,** 290 P. 1994.
- (15) LOPES, W. G. R. Solo-cimento reforçado com bambu: características físico-mecânicas. **Dissertação de Doutorado, Campinas, SP, UNICAMP,** 158p. 2002.
- (16) MACHADO, C. C.; LIMA, D. C.; ALMEIDA, R. M. Estudo do comportamento da mistura solo-cimento reforçado com fibra sintética para uso em estradas florestais. **CERNE, v. 4, n. 1, p. 123-128,** 1998.
- (17) NÚÑEZ, W. P. Estabilização físico-química de um solo residual de Arenito Botucatu visando seu emprego na pavimentação. 1991. 145 p. **Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS,** Porto Alegre, 1991.
- (18) PITTA, M. R. Estabilização com solo-cimento. **Revista Techne, Editora Pini, São Paulo-SP, Nº 17, Julho/Agosto,** 96p. 1995.

SIMPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Núcleo de
Empreendedorismo,
Pesquisa e Extensão
Integrado

Apoio



FUNDAÇÃO
ARAUCÁRIA
Apoio ao Desenvolvimento Científico
e Tecnológico do Paraná

- (19) PRIETTO, P. D. M. Estudo do Comportamento Mecânico de um Solo Artificialmente Cimentado. 1996. 150 p. **Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, UFRGS**, Porto Alegre, 1996.
- (20) ROJAS, J. W.J. Estudo da resistência, condutividade hidráulica e lixiviação de um solo argiloso cimentado e contaminando. 2012. 193 p. **Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS**, Porto Alegre, 2012.
- (21) ROSA, Daniela Aliati. Validação da relação vazios/cimento na estimativa da resistência à compressão simples do caulim artificialmente cimentado. **monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)**. Porto Alegre/RS, Brasil. 2010.