

ESTUDO DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO DE ARGAMASSA DE CIMENTO NAS PROPRIEDADES DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO

STUDY OF CEMENT MORTAR RESIDUE APPLICATION ON THE PROPERTIES OF SOIL-CEMENT BRICKS

Ferraz, A.L.N¹; Segantini, A.A.S.²

(1) Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia Civil, Unesp, Alameda Bahia 550, cep 15385-000, Ilha Solteira SP, ferraz@dec.feis.unesp.br

(2) Engenheiro Civil, Professor Assistente Doutor, UNESP, Alameda Bahia 550, cep 15.385-000, Ilha Solteira SP, anderson@dec.feis.unesp.br

RESUMO

As pesquisas nas quais se utilizam materiais e técnicas alternativas de construção, no contexto atual de aproveitamento de resíduos e preservação do meio ambiente, estão assumindo papel de destaque na engenharia, inclusive porque determinados tipos de resíduos podem ser utilizados com vantagens técnicas e redução de custos, como é o caso da adição de material granular, oriundo dos resíduos de construção e demolição - RCD, em misturas de solo-cimento. Neste trabalho são apresentados resultados de ensaios de caracterização de amostras de solo coletadas em Ilha Solteira-SP e amostras deste solo com adição de resíduo de argamassa, visando a produção de solo-cimento para a fabricação de tijolos prensados. Objetivou-se reduzir o custo e melhorar a qualidade do solo-cimento, e propiciar condições para o aproveitamento dos resíduos de construção e demolição - RCD. Foram realizados ensaios de compactação e de análise granulométrica, empregando-se as seguintes dosagens: solo natural, solo mais 20% de resíduo e solo mais 40% de resíduo, utilizando-se, em cada caso, três teores de cimento (6%, 8% e 10%). Foram moldados corpos de prova no cilindro de Proctor e corpos de prova confeccionados com tijolos para a realização dos ensaios de resistência à compressão simples e de absorção. Os ensaios foram realizados em conformidade com normas técnicas brasileiras pertinentes.

Palavras-Chave: Engenharia, tijolos, solo-cimento, resíduo de construção e demolição.

ABSTRACT

Researches in which materials and alternative construction techniques are used, regarding the use of residues and environmental preservation are assuming importance in engineering. Some types of residues can be used with technical improvement and costs reduction, as is the case of granular material addition, resulting from building residues used in soil-cement mixtures. This paper presents results of a soil characterization test on samples collected in Ilha Solteira-SP and soil with addition of mortar residue, aiming the production of soil-cement for bricks production. It was aimed to reduce the production costs and improvement of soil-cement quality, and to propitiate conditions for the utilization of these residues. Proctor cylinder and bricks specimens were made in order to obtain compressive strength and humidity absorption. Compacting test and grain-size analysis were made using the following dosages: soil natural, soil plus 20% of residue and soil plus 40% of residue, using in each case three cement percentages (6%, 8% and 10%). The tests were performed in accordance with Brazilian Technical Standards.

Key-words: Engineering, brick, soil-cement, demolition, construction residue.

1. INTRODUÇÃO

As propriedades dos solos exercem forte influência na qualidade e no custo do solo-cimento. PINTO (1980) descreveu que o solo ideal deve ter a seguinte composição granulométrica: 15% de silte mais argila; 20% de areia fina; 30% de areia grossa; e 35% de pedregulho. Os solos arenosos bem graduados, com razoável quantidade de silte mais argila, são os mais indicados, pois requerem baixo consumo de cimento. Segundo a PCA – PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (1969), os solos arenosos e pedregulhosos, contendo cerca de 65% de areia, e teor de silte mais argila variando de 10% a 35%, são excelentes materiais para a obtenção do solo-cimento com economia e qualidade.

Na composição do solo-cimento, o solo é o material que entra em maior proporção, devendo ser selecionado de modo que permita o menor consumo possível de cimento. Quando não houver disponibilidade de solos com as características citadas, alguns autores consideram a possibilidade de se misturar dois ou mais solos, ou mesmo de adicionar areia grossa, de modo que o resultado seja favorável técnica e economicamente.

A motivação para a realização deste trabalho surgiu da observação de que

os solos arenosos são os mais indicados para a produção do solo-cimento e que a adição dos resíduos de construção e demolição, por serem materiais que podem ser processados de modo que fiquem com granulometria equivalente à das areias grossas, passa a ser algo desejável e bastante positivo. Assim, nesta linha de pesquisa, procurou-se investigar possibilidades para o aproveitamento dos entulhos de construção, iniciando-se pelo estudo da influência da adição de resíduo de argamassa de cimento nas propriedades do solo-cimento, visando a fabricação de tijolos prensados.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Solo-cimento

Segundo a ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland (1986), o solo-cimento é o produto resultante da mistura íntima de solo, cimento Portland e água que, compactados na umidade ótima e máxima densidade, em proporções pré-estabelecidas, adquire resistência e durabilidade através das reações de hidratação do cimento. O interesse pelo assunto no Brasil se deu a partir de 1936, quando a ABCP pesquisou e regulamentou a sua aplicação.

De maneira geral, considera-se adequado para produzir solo-cimento, solos que possuam as seguintes características:

- 100% dos grãos passando na peneira ABNT 4,8mm (nº 04);
- 10% a 50% dos grãos passando na peneira ABNT 0,075mm (nº 200);
- Limite de liquidez $\leq 45\%$; e
- Limite de plasticidade $\leq 18\%$.

De acordo com o CEPED - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (1999), a quantidade de cimento na dosagem deve ser determinada em função das características do solo, do teor de umidade e da massa específica a ser obtida na compactação.

Segundo a ABCP (1998), a utilização do solo-cimento na construção de habitações permite redução de custos que pode chegar a 40%. Contribuem para isto o baixo custo do solo, que é o material usado em maior quantidade, e também a redução dos custos com transporte e energia. Existe ainda a possibilidade de se reduzir os custos com mão-de-obra, pois o processo não requer, em grande número, profissionais especializados em construção.

As vantagens da utilização dos tijolos de solo-cimento vão desde a

fabricação até a sua utilização na obra. Os equipamentos utilizados são simples e de baixo custo. Não há necessidade de pessoal especializado para operar as máquinas de fabricação, que podem ser instaladas no próprio canteiro, eliminando-se boa parte dos custos com transporte.

2.2. Desenvolvimento sustentável

Segundo JOHN (1999), o desenvolvimento sustentável está criando raízes na sociedade e certamente irá abranger as atividades do macro-complexo da construção civil, da extração de matérias-primas, da produção de materiais de construção, chegando ao canteiro e às etapas de operação, manutenção e demolição.

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Rio 92 - realizada no Rio de Janeiro, em junho de 1992, em que 170 países membros da ONU estiveram representados, teve como resultado a Agenda 21 ONU, que formalizou o acordo entre os países presentes de colocar em prática um amplo programa para o desenvolvimento sustentável no planeta, envolvendo governos, agências de desenvolvimento, órgãos das Nações Unidas e outras entidades. De acordo com OLIVEIRA & ASSIS (2001), cinco anos depois, a implementação da Agenda 21 foi avaliada em outro evento da ONU, em Nova York, e ficou conhecida como Conferência Rio+5. Em documento apresentado pelo Brasil, que trata das ações executadas nas esferas federal, estadual e municipal desde 1992, há o reconhecimento de que os avanços no planejamento e gestão dos recursos naturais no país foram insuficientes e precários.

2.3. Reciclagem de resíduos

AGOPYAN & JOHN (2001) afirmam que a reciclagem dos resíduos de construção e demolição vem desde a antiguidade. Recentemente, após a segunda guerra mundial, foi empregada na reconstrução da Europa e atualmente é amplamente praticada, especialmente na Holanda. Segundo JOHN (2001), a reciclagem dos resíduos pode ser uma oportunidade de transformação de fontes de despesa em faturamento ou de redução das despesas. As vantagens daí decorrentes são extremamente visíveis, principalmente nos dias atuais. No Brasil este processo cresce no momento em que a legislação ambiental fica cada vez mais rigorosa e estimula a conscientização dos consumidores. Nas universidades já existem grupos atuando ativamente nesta linha de pesquisa e diversos municípios já operam centrais de reciclagem, produzindo agregados para uso em sub-base de pavimentos.

O processo de reciclagem envolve atividades que compreendem a coleta, a classificação e o processamento dos resíduos, de modo que a matéria-prima resultante

tenha granulometria adequada ao uso a que se destina (JARDIM, 1995); (LEVY, 1997).

2.4. Caracterização dos resíduos

A composição dos entulhos varia em função do tipo de obra, da técnica construtiva empregada, da fase em que a obra se encontra e também em função de características sócio-econômicas regionais (ANGULO, 2000); (OLIVERA, 2002).

Assim, nos trabalhos que visem a sua redução, reutilização ou reciclagem, a caracterização dos resíduos de construção e demolição – RCD, passa a ser imprescindível (LIMA & VIEIRA, 2001). Com relação à composição, PINTO (1986) diz que em média o que sai dos canteiros de obra é composto por 64% de argamassa, 30% de componentes de vedação (tijolo maciço, tijolo furado, telhas e blocos) e 6% de outros materiais, como concreto, pedra, areia, materiais metálicos e plásticos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais

Na realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- *Solo:*

O solo utilizado foi coletado no km 48 da Rodovia dos Barrageiros, em Ilha Solteira-SP. Trata-se de um solo A4, segundo a classificação americana HRB – Highway Research Board, cujas características geotécnicas se assemelham às dos solos encontrados em grande parte do Estado de São Paulo, conforme se observa na Figura 1.

- *Resíduo de argamassa de cimento:*

O resíduo de argamassa de cimento foi coletado em uma fábrica de artefatos de cimento localizada na cidade de Ilha Solteira-SP. A coleta do resíduo foi feita diretamente da caçamba de tira-entulho existente no local, passando posteriormente por peneiramento manual para se eliminar os grãos com diâmetros superiores a 4,8 mm.

Cimento:

O cimento utilizado na dosagem dos corpos de prova de foi o CP II E 32.

- Água:

A água utilizada na confecção dos corpos de prova foi coletada na rede pública de abastecimento da cidade de Ilha Solteira-SP.

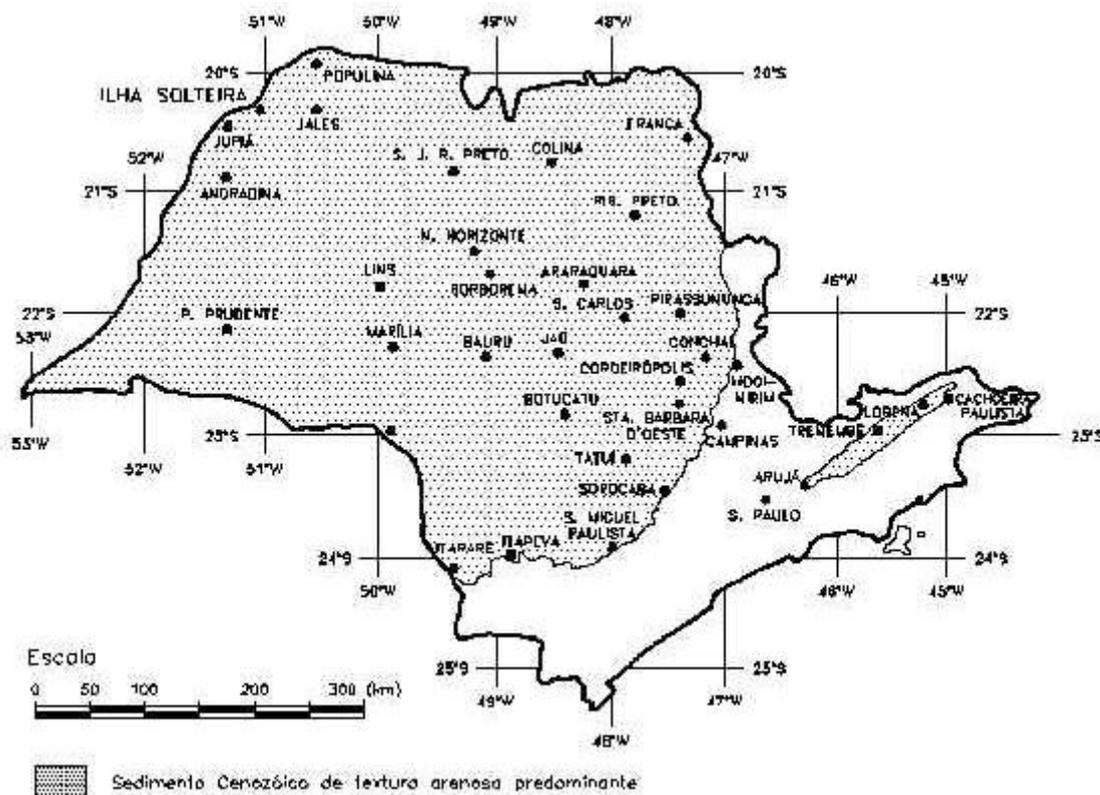


Figura 1 - Área de predominância do solo utilizado (Giachetti, 1993).

3.2. Métodos

Foram estudadas misturas compostas por solo natural, solo mais 20% de resíduo e solo mais 40% de resíduo, empregando-se em cada composição três teores de cimento (6%, 8% e 10%). Para cada uma destas dosagens foram moldados três corpos de prova cilíndricos, seguindo-se as recomendações da NBR 12024, e três corpos de prova com tijolos, seguindo-se as recomendações da NBR 8492. Na confecção dos corpos de prova, feitos com tijolos, foram empregados somente solo natural e solo com 20% de resíduo, aplicando-se os mesmos teores de cimento.

Visando determinar os valores de umidade ótima e massa específica seca máxima, foram realizados ensaios de compactação, seguindo-se as prescrições da NBR 7182.

As análises granulométricas do solo e das composições com resíduo, realizadas por peneiramento em combinação com sedimentação, foram efetuadas em conformidade com a NBR 7181.

Foram também realizados ensaios para a determinação dos limites de consistência das composições (NBR 7180 e NBR 6459), ensaios para a determinação da massa específica dos grãos que passam na peneira 4,8 mm (NBR 6508), ensaios de resistência à compressão simples em corpos de prova cilíndricos (NBR 12025), e ensaios de resistência à compressão simples e absorção dos corpos de prova feitos com tijolos (NBR 8491).

Na Figura 2 são mostrados alguns corpos de prova cilíndricos e alguns feitos com tijolos. Os ensaios de resistência à compressão simples foram realizados no sétimo dia de cura.

Quanto aos tijolos, estes foram produzidos em uma prensa manual, controlando-se de forma rigorosa os seguintes parâmetros: energia de compactação, massa dos materiais a serem colocados na fôrma e teores de cimento e de umidade.



Figura 2 - Corpos de prova cilíndricos.

O controle da energia de compactação na prensagem dos tijolos foi feito por meio de um dispositivo existente na prensa, que possibilita a sua calibração em função do tipo de solo a ser utilizado. Mostra-se por meio da Figura 3 a prensa utilizada na confecção dos tijolos. Trata-se de uma prensa com capacidade para produzir 03 tijolos de cada vez. No entanto, visando uniformizar suas características, os tijolos foram produzidos um de cada vez, utilizando-se apenas a forma central.

Os corpos de prova foram confeccionados e ensaiados de acordo com as prescrições da NBR-8491 e da NBR-8492. A cura dos corpos de prova foi feita inicialmente em câmara úmida e posteriormente, 24 horas antes da realização do ensaio, passou-se ao processo de cura por imersão em água, conforme se observa na Figura 4. A cura por imersão em água é feita objetivando saturar o corpo de prova e

também para se obter a massa do tijolo saturado, que depois é utilizada no cálculo da absorção de água.



Figura 3 - Prensa utilizada na moldagem dos tijolos.



Figura 4 - Corpos de prova imersos em água.

4. RESULTADOS

Apresenta-se na Tabela 1 os resultados dos ensaios de análise granulométrica. Na Tabela 2 são mostrados os resultados dos ensaios de compactação

e, na Tabela 3, os de determinação dos limites de consistência e da massa específica dos materiais básicos das misturas. Na Tabela 4 são mostrados os valores obtidos nos ensaios de absorção e de resistência à compressão simples dos tijolos, ambos aos sete dias de cura. Na Tabela 5 e na Figura 5 são mostrados os resultados dos ensaios de resistência à compressão simples dos corpos de prova cilíndricos.

Tabela 1 - Composição granulométrica

Material	Argila (%)	Silte (%)	Areia fina (%)	Areia média (%)	Areia grossa (%)	Pedregulho (%)
Solo natural	22,0	18,0	59,7	0,3	0	0
Solo + 20% de resíduo	17,1	11,9	56,0	13,5	1,5	0
Solo + 40% de resíduo	14,4	10,6	52,1	20,7	2,2	0
Resíduo	1,2	2,0	23,5	67	5,6	0,7

Tabela 2 – Resultados do ensaio de compactação

Traço	Umidade ótima (%)	γ_s (g/cm ³)
Solo natural	12,2	1,89
Solo + 6% de cimento	13	1,87
Solo + 8% de cimento	13	1,88
Solo+ 10% de cimento	13	1,89
Solo+ 6% de cimento+ 20% de resíduo	11,7	19,15
Solo+ 8% de cimento+ 20% de resíduo	11,4	1,91
Solo+ 10% de cimento+ 20% de resíduo	11,4	1,92
Solo+ 6% de cimento+ 40% de resíduo	11,1	1,95
Solo+ 8% de cimento+ 40% de resíduo	11,1	1,95
Solo+ 10% de cimento+ 40% de resíduo	11,3	1,96

γ_s = Massa específica aparente seca máxima

Tabela 3 – Limites de consistência e massa específica dos materiais básicos das

misturas.

Material	Limite de liquidez (%)	Limite de plasticidade (%)	Índice de plasticidade (%)	ρ_s (g/cm ³)
Solo natural	27,7	18,3	9,4	2,74
Solo + 20% de resíduo	23,6	16,1	7,5	2,66
Solo + 40% de resíduo	22,5	15,6	6,9	2,62
Resíduo	-	-	-	2,58

ρ_s = Massa específica dos materiais básicos das misturas.

Tabela 4 – Absorção e resistência à compressão simples dos tijolos aos sete dias de cura.

Traço	Absorção (%)	Menor valor individual (MPa)	Resistência média (MPa)
Solo + 6% de cimento	17,5	1,0	1,6
Solo + 8% de cimento	17,2	1,6	2,3
Solo + 10% de cimento	17,0	2,0	2,7
Solo+ 6% de cimento+ 20% de resíduo	17,4	1,7	2,2
Solo+ 8% de cimento+ 20% de resíduo	16,9	2,1	2,8
Solo+ 10% de cimento+ 20% de resíduo	16,6	2,8	3,3

Tabela 5 - Resistência à compressão dos corpos de prova cilíndricos com sete dias de cura.

Traço	Resistência média (MPa)
Solo + 6% de cimento	2,8
Solo + 8% de cimento	3,3
Solo + 10% de cimento	3,5
Solo+ 6% de cimento+ 20% de resíduo	3,5

Solo+ 8% de cimento+ 20% de resíduo	3,6
Solo+ 10% de cimento+ 20% de resíduo	3,8
Solo+ 6% de cimento+ 40% de resíduo	3,7
Solo+ 8% de cimento+ 40% de resíduo	3,9
Solo+ 10% de cimento+ 40% de resíduo	4,4

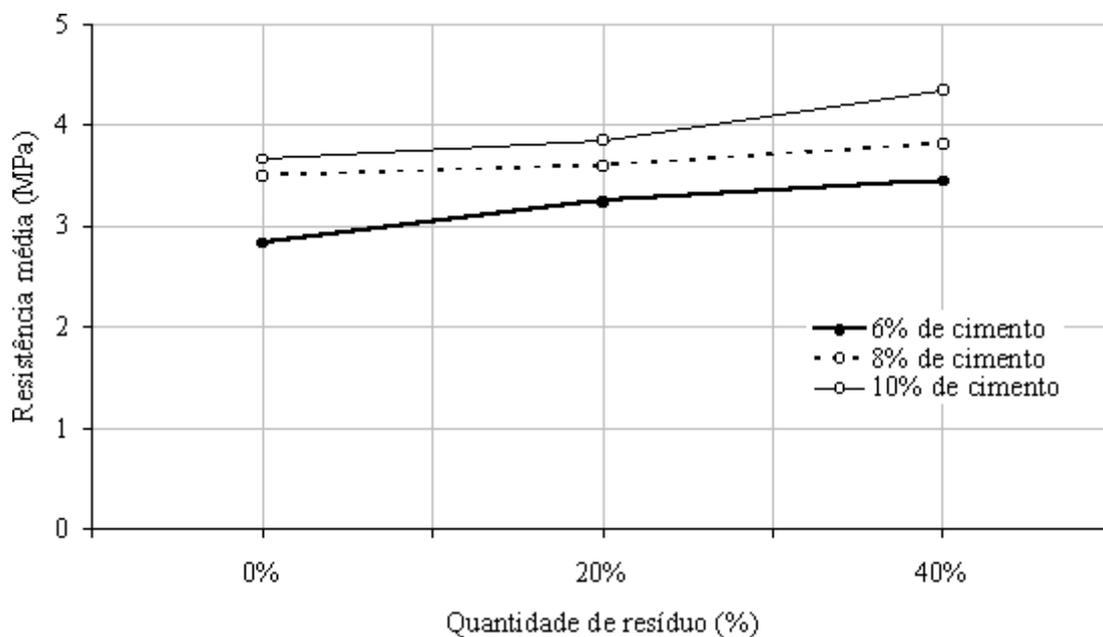


Figura 5 - Resistência à compressão simples dos corpos de prova cilíndricos com sete dias de cura.

5. DISCUSSÃO

Foram realizados ensaios para se determinar a composição granulométrica do solo natural e das composições com resíduo. Observa-se na Tabela 1 que a composição do solo com 40% de resíduo, em relação à massa de solo, resultou em uma nova distribuição granulométrica, com a seguinte composição: 14,4% de argila; 10,6% de silte; 52,1% de areia fina; 20,7% de areia média; e 2,2% de areia grossa. Ou seja, 75% de areia e 25% da fração silte mais argila. Esta nova composição se aproxima bastante daquela considerada ideal para a produção do solo-cimento, indicando a possibilidade de se reduzir o consumo de cimento. Vale lembrar que o solo arenoso fino existente em grande parte do Estado de São Paulo é semelhante ao de Ilha Solteira-SP, que foi objeto de estudo neste trabalho, e isto potencializa a viabilidade de sua utilização na fabricação de tijolos prensados de solo-cimento.

Com relação à umidade ótima, normalmente a adição de cimento ao solo tende a aumentar o seu valor, o que de fato aconteceu para o solo utilizado neste trabalho, havendo variação de 12,2% para 13%, conforme se observa na Tabela 2 para

as misturas sem adição de resíduo. Nas misturas com adição de resíduo, no entanto, houve redução da umidade ótima. Com o acréscimo de 20% de resíduo, o valor da umidade ótima, em média, reduziu de 13% para 11,5%, chegando a 11,2% no caso da mistura com 40% de resíduo. Logo, a adição do resíduo conduziu a reduções significativas nos valores obtidos para a umidade ótima, e isto certamente tem reflexos positivos nas outras propriedades, como limites de consistência e massa específica, que estão diretamente relacionadas à qualidade do material.

Nota-se na Tabela 2 que houve aumento da massa específica seca máxima em função do aumento da quantidade de resíduo e do teor de cimento incorporados ao solo, cuja variação foi de $1,88 \text{ g/cm}^3$ para $1,95 \text{ g/cm}^3$, sendo isto bastante importante, pois melhora as características mecânicas e reduz a absorção de umidade.

Com relação aos limites de consistência, comparando-se o solo natural com a mistura de solo mais 40% de resíduo, Tabela 3, nota-se que o valor do limite de liquidez reduziu de 27,7% para 22,5%. Já o limite de plasticidade reduziu de 18,3% para 15,6%. Estes resultados são bastante positivos e podem ser decisivos na melhoria da qualidade do solo-cimento, sobretudo no caso de se trabalhar com solo-cimento plástico¹, pois a redução dos limites de consistência indica que pode haver redução da água de amassamento necessária à homogeneização em betoneira, reduzindo conseqüentemente o fator água/cimento, que no caso do solo-cimento plástico é algo bastante desejável.

Foram realizados ensaios de resistência à compressão simples utilizando-se corpos de prova cilíndricos e tijolos. Nos ensaios com corpos de prova cilíndricos, Tabela 5, os resultados mostraram que houve aumento considerável da resistência à compressão simples em função do aumento a quantidade de resíduo. Os valores obtidos revelaram que os corpos de prova com 10% de cimento e sem resíduo tiveram resistência média semelhante à dos corpos de prova com 6% de cimento e 20% de resíduo, indicando haver possibilidade de redução no consumo de cimento.

Com relação aos tijolos, verificou-se que todos os traços atenderam a NBR-8492 quanto à absorção, conforme se observa na Tabela 4, já que a norma especifica valor máximo de 20%. Quanto à resistência à compressão simples, os dois primeiros traços (solo + 6% de cimento e solo + 8% de cimento), conforme se mostra na Tabela 4, não atenderam à norma, na qual está prescrito que o valor médio deve ser maior ou igual a 2,0 MPa aos sete dias, e que no cálculo da média apenas um dos valores individuais pode ter resistência inferior a 2,0 MPa, desde que seja igual ou superior a 1,7 MPa. Já as amostras com adição de resíduo, todas atenderam plenamente os requisitos da referida norma.

Comparando os valores mostrados nas Tabelas 4 e 5, nota-se que os corpos de prova cilíndricos apresentaram valores de resistência à compressão simples superiores aos dos corpos de prova confeccionados com tijolos. Isto ocorre em razão

das diferenças existentes nos formatos e na manipulação dos corpos de prova. No caso dos corpos de prova cilíndricos quase não há manipulação, o que já não acontece no caso dos corpos de prova confeccionados com tijolos. Estes são cortados ao meio e depois colados com pasta de cimento, havendo, portanto influência da manipulação dos operários e também da incorporação da pasta de cimento.

Nota-se, portanto, que a adição do resíduo propiciou condições para melhor atender as especificações das normas brasileiras, contribuindo no sentido de diminuir custos e de reduzir o volume de material descartado pelas obras. E isto, certamente, terá maiores reflexos na economia das cidades, pois reduzirá as despesas com transporte e remoção dos entulhos lançados em locais inadequados, além de despesas decorrentes de problemas de saúde pública, pois muitas vezes os materiais descartados pelas construções acabam sendo lançados em locais clandestinos, terrenos baldios, ruas de pouca circulação localizadas nas periferias e até mesmo em locais próximos a córregos e rios. Como consequência, tem-se a formação de bolsões de lixo, assoreamentos e entupimento das redes de água pluvial, causando alagamentos, acúmulo de lixo e proliferação de insetos e roedores transmissores de doenças.

Este assunto inclusive já deveria estar na pauta das administrações municipais, pois a partir de julho de 2004, de acordo com a resolução 307 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, o lançamento dos resíduos de construção e demolição em aterros sanitários passará a ser proibido. Os municípios, portanto, deverão possuir algum planejamento que vise o gerenciamento das questões ligadas à destinação dos resíduos de construção e demolição.

Para finalizar, além de todas as vantagens técnicas e redução de custos diretos e indiretos, não se pode deixar fora de discussão a enorme contribuição que o aproveitamento dos resíduos de construção e demolição pode trazer para a preservação ambiental. Além das vantagens econômicas, a fabricação dos tijolos prensados de solo-cimento não requer nenhum tipo ou processo de cozimento, no qual se consomem grandes quantidades de madeira ou de outros combustíveis, como é o caso dos tijolos de barro cozido, produzidos em olarias e cerâmicas. Obviamente, serão necessários estudos e gerenciamento que favoreçam a coleta dos resíduos e o reaproveitamento dos entulhos. A exemplo da coleta seletiva, hoje praticada no caso do lixo doméstico, possibilidades de alternativa para a destinação dos resíduos de construção e demolição – RCD devem ser investigadas, a começar possivelmente pela conscientização dos construtores e do pessoal que trabalha nas construções, por exemplo, com a incorporação de processos de seleção, em vez de simplesmente acumulá-los em algum espaço do canteiro, sem qualquer controle ou visualização do seu valor e importância, chegando quem sabe até mesmo à fabricação de equipamentos apropriados para coleta, seleção e tratamento dos resíduos, gerando emprego e renda para os brasileiros, formando valores éticos e de respeito à natureza e valorizando este rico material que pode ter uma destinação nobre.

6. CONCLUSÕES

Em vista das discussões apresentadas e dos resultados obtidos, conclui-se:

- O resíduo de argamassa de cimento é uma excelente alternativa para melhorar as propriedades de certos tipos de solo, visando a fabricação de tijolos de solo-cimento;
- A adição do resíduo possibilitou redução de custos e condições técnicas apropriadas para a produção de tijolos de solo-cimento, potencializando a viabilidade de utilização dos solos existentes em grande parte do Estado de São Paulo.
- Os tijolos produzidos com a adição do resíduo tiveram suas propriedades mecânicas melhoradas e todos atenderam aos requisitos mínimos estabelecidos nas normas brasileiras;
- A fabricação de tijolos de solo-cimento é uma prática ecologicamente correta, pois dispensa o processo de cozimento, preservando o meio-ambiente.
- O aproveitamento dos resíduos de construção e demolição pode contribuir no sentido de diminuir o enorme volume de material que, após ser rejeitado pelas obras, acaba muitas vezes sendo descartado de forma inadequada.

7. REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos da construção**. São Paulo: EPUSP, 2001. 13p.
- ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2000. 155f. Dissertação (Mestrado) EPUSP, São Paulo, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio**. São Paulo-SP: ABCP, 1986. 51p. (ET, 35).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Solo-cimento na habitação popular**. 2.ed. São Paulo: ABCP, 1995. 6p. (EC, 4).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 1986. 9p.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6508: **Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – determinação da massa específica.** Rio de Janeiro, 1984. 7p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: **Solo – Determinação do limite de liquidez.** Rio de Janeiro, 1984. 6p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: **Solo – Determinação do limite de plasticidade.** Rio de Janeiro, 1984. 3p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: **Solo – Análise granulométrica.** Rio de Janeiro, 1984. 13p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182: **Solo – Ensaio de compactação.** Rio de Janeiro, 1986. 10p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12024: **Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 1990. 5p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12025: **Solo-cimento – Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 1990. 2p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491: **Tijolo maciço de solo-cimento.** Rio de Janeiro, 1984. 4p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8492: **Tijolo maciço de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e da absorção d' água.** Rio de Janeiro, 1984. 5p.
- CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO. **Manual de construção com solo-cimento.** Camaçari: CEPED/ABCP, 1999. 116p.
- GIACHETI, H.L.; RÖHM, S.A.; NOGUEIRA, J.B.; CINTRA, J.C.A. **Propriedades geotécnicas do sedimento cenozóico.** In: Solos do interior de São Paulo, São Paulo: ABMS, 1993, p.143-175.
- JARDIM, N. S. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado.** São Paulo-SP: 1995. (IPT, 2163).
- JOHN, V.M. **Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil.** In: SEMINÁRIO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2, 1999, São Paulo: Anais... São Paulo: IBRACON.
- JOHN, V. M. **Aproveitamento de resíduos como materiais de construção.**

- Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção. Salvador: EDURFA, 2001. p.28-45. (Projeto entulho bom).
- LEVY, S. M. **Reciclagem do entulho da construção civil, para utilização como agregado para argamassas e concretos.** São Paulo: 1997, 147f. Dissertação (Mestrado) EPUSP.
- LIMA, F. B.; VIEIRA, G. L. **Blocos de Concreto Produzidos com entulho da construção Civil.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 43, 2001, Foz do Iguaçu. IBRACON, 2001. 1 CD-ROM.
- OLIVEIRA, M. J. E. **Materiais descartados pelas obras de construção civil: Estudo dos Resíduos de Concreto para Reciclagem.** Rio Claro: 2002. 191f. Tese (Doutorado) UNESP/ Rio Claro - Instituto de Geociências e Ciências Exatas
- OLIVEIRA, M. J. E.; ASSIS, C.S. **Estudo de resíduo de concreto para reciclagem.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 43, 2001, Foz do Iguaçu. Foz do Iguaçu: IBRACON, 2001. 1 CD-ROM.
- PINTO, T. P. **Utilização de resíduos de construção – Estudo em argamassas.** São Carlos, 1986. Dissertação (Mestrado). EESC-USP.
- PINTO C. S. **Evolução das pesquisas de laboratório sobre solo-cimento.** São Paulo: ABCP, 1980. 22p.
- PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. **Soil-Cement Construction handbook.** Illinois: PCA, 1969. 42p.
- SOUSA, J. G. G. **Contribuição ao estudo da relação entre propriedades e proporcionamento de blocos de concreto – Aplicação ao uso de entulho como agregado reciclado.** Brasília, 2001. 124p. Dissertação (Mestrado) UNB.

¹ Solo-cimento plástico é a mistura de solo com cimento e água, em proporções pré-estabelecidas, de modo que o material resultante fique com consistência plástica, semelhante à de uma argamassa de emboço.