



ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS DE CONCRETO NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS PRENSADOS DE SOLO-CIMENTO

**Márcia Ikarugi B. de Souza (1); Antonio Anderson S. Segantini (2);
João Paulo Nobre da Silva (3); Joelma Aparecida Pereira (3)**

(1) Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil – e-mail: mibsouza@aluno.feis.unesp.br

(2) Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil – e-mail: anderson@dec.feis.unesp.br

(3) Departamento de Engenharia Civil, – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

RESUMO

Proposta: O aproveitamento de resíduos de construção e demolição na fabricação de tijolos de solo-cimento é uma alternativa ambientalmente sustentável que preserva os recursos não-renováveis e possibilita a valorização desses resíduos, em vez de simplesmente lançá-los na natureza. Além disso, os tijolos de solo-cimento não passam pelo processo de cozimento, evitando o desmatamento e a poluição atmosférica. **Método de pesquisa/Abordagens:** Neste trabalho, analisou-se a influência da adição de agregados reciclados de concreto nas características físicas e mecânicas do solo-cimento, visando sua aplicação na fabricação de tijolos prensados. Os tijolos foram moldados por meio de uma prensa manual, usando-se dosagens a partir do solo natural, solo mais 20% de agregados reciclados de concreto, solo mais 40% de agregado reciclado de concreto e solo mais 60% de agregado reciclado de concreto, com o emprego de três teores de cimento, 6%, 8% e 10%, todos em relação à massa resultante da mistura solo-resíduo. Objetivou-se, dessa forma, propor soluções técnicas para se reduzir o custo de produção do solo-cimento, melhorar a qualidade dos tijolos e propiciar condições para o aproveitamento desse resíduo. **Resultados:** Os resultados obtidos mostraram que a adição do ARC ao solo melhorou as propriedades mecânicas do solo-cimento, possibilitando redução de custos e produção de tijolos prensados de melhor qualidade, constituindo-se, portanto, numa excelente alternativa para o aproveitamento desse material. **Contribuições/ Originalidade:** Aproveitamento de agregados reciclados de concreto na confecção de tijolos de solo-cimento.

ABSTRACT

Propose: The utilization of construction and demolition wastes in soil-cement bricks manufacture is an environmentally sustainable alternative that preserves no-renewable resources and enables the valorization of these residues, instead simply thrown in the environment. Additionally, the soil-cement bricks don't undergo by burning process, avoiding the deforestation and atmospheric pollution. **Methods:** In this work, the influence of concrete aggregate recycled in properties of soil cement was analyzed, aiming the pressed manufacturing brick. The bricks were manufactured in dry-press machine, using dosages from soil natural, soil plus 20% of concrete aggregate recycled, soil plus 40% of concrete aggregate recycled and soil plus 60% of concrete aggregate recycled, with the use of three ratio cement-aggregate, 6%, 8% and 10%, all in relation of soil-residue mixture mass. It was aimed at, in that way, to propose technical solutions to reduce soil-cement cost, to improve the quality of the bricks and to propitiate conditions for using this residue. **Findings:** The obtained results showed that the addition of concrete residue to the soil improved mechanical properties of the soil-cement, decreasing cost and manufacturing pressed bricks of better quality, being, therefore, an excellent alternative for application of this material. **Originality/value:** concrete recycled aggregates in soil-cement bricks.

Keywords: bricks, soil cement, recycled aggregate.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de preservação ambiental e a tendência de escassez dos recursos naturais fazem com que a construção civil adquira novos conceitos e soluções técnicas visando a sustentabilidade de suas atividades. Nesse contexto, o aproveitamento dos resíduos de construção e demolição (RCD) destaca-se como possível alternativa, buscando a valorização dos materiais descartados nas obras de engenharia, atribuindo-lhes a condição de material nobre. Grande parte dos materiais descartados pode ser aproveitada no próprio setor, como é o caso dos agregados reciclados de concreto (ARC), argamassas e materiais cerâmicos, que podem ser transformados em agregados para uso, por exemplo, em matrizes de concreto e de solo-cimento.

Segundo Oliveira (2002), quando se analisa uma massa de material descartado na construção civil, observa-se que apesar de sua heterogeneidade, a quase totalidade dos componentes apresenta alto valor agregado, como é o caso das areias, das pedras-britadas, concretos, argamassas endurecidas, tijolos e cacos cerâmicos, madeiras e tantos outros materiais, todos com enorme potencial para serem transformados em matéria-prima. Nessa ótica, as novas construções, sobretudo as de reforma e demolição, adquirem a particularidade de constituírem verdadeiras jazidas de matéria-prima, passíveis de exploração, com potencial possibilidade de aproveitamento na própria construção.

Em determinadas situações, os RCD podem ser utilizados com vantagens técnicas e redução de custos, como por exemplo no caso da produção de tijolos de solo-cimento, que por sinal é o objetivo deste trabalho (Souza, 2006).

2 OBJETIVO

Objetivou-se, com este trabalho, estudar o aproveitamento dos ARC em tijolos prensados de solo-cimento, avaliando-se a possibilidade técnica dessa aplicação e sua influência na qualidade do solo-cimento e dos tijolos resultantes.

3 METODOLOGIA

Na composição do solo-cimento foram utilizados os seguintes materiais:

- Solo arenoso fino de Ilha Solteira: O solo utilizado neste trabalho foi coletado na área de empréstimo da Prefeitura Municipal de Ilha Solteira. Trata-se de um solo arenoso fino com características geotécnicas representativas das dos solos existentes em mais de 50% da área do Estado de São Paulo, sendo também encontrado em extensas áreas no Centro Sul do Brasil.
- Agregado reciclado de concreto (ARC): Utilizou-se o agregado reciclado de concreto, pois trata-se do tipo de resíduo encontrado com maior freqüência nas obras de reforma e demolição existentes em Ilha Solteira. A obtenção do ARC se deu por intermédio de um britador de mandíbulas e posterior peneiramento na peneira de malha 4,8 mm.
- Cimento Portland CP II 32 Z: Esse tipo de cimento é um dos mais comercializados em Ilha Solteira e possui propriedades satisfatórias para confecção de solo-cimento.

Foram estudadas dosagens contendo solo natural sem adição de ARC, solo mais 20% de ARC, solo mais 40% de ARC e solo mais 60% de ARC em relação à massa de solo. Para cada uma dessas composições foram utilizados três teores de cimento - 6%, 8% e 10% - em relação à massa da mistura solo-resíduo. Foram confeccionados tijolos (Figura 1) para a realização de ensaios de compressão simples aos 07, 28, 56, 120 e 240 dias (Figura 2).



Figura 1 – Tijolos de solo-cimento com adição de ARC.



Figura 2 – Resistência dos tijolos.

Os ensaios de caracterização dos materiais componentes do solo-cimento e dos tijolos foram realizados em conformidade com as Normas Brasileiras pertinentes, a seguir descritas:

- NBR 6457 – Preparação de amostras de solo e ensaio de caracterização;
- NBR 6508 – Determinação da massa específica dos grãos;
- NBR 6459 – Determinação do limite de liquidez;
- NBR 7180 – Determinação do limite de plasticidade;
- NBR 7181 – Análise granulométrica de solos;
- NBR 7182 – Ensaio de compactação;
- NBR 8491 – Tijolos maciços de solo-cimento e
- NBR 8492 – Tijolo de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e da absorção d’água.

Com a finalidade de avaliar a retração linear das composições, realizou-se o ensaio de retração segundo o método sugerido pelo CEPED (1999). Nesse ensaio, o solo é umedecido até ficar com consistência plástica, similar à de uma argamassa de assentamento, e colocado dentro de uma caixa de

madeira com 60,0 cm de comprimento, 8,5 cm de largura e 3,5 cm de espessura, na qual se aplica previamente uma pintura com óleo mineral. Após colocação do material no interior dessa caixa e realização do adensamento manual, o material fica em repouso à sombra por sete dias, quando então se procede a leitura da retração no sentido do comprimento da caixa. De acordo com o CEPED (1999), para ser viável para a confecção de solo-cimento, a soma das fendas existentes entre as paredes da caixa e a amostra de solo deve ser inferior a 20 mm e a amostra não deve apresentar fenda transversal na parte central da caixa.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Análise Granulométrica

Apresenta-se na Tabela 1 os resultados obtidos no ensaio de análise granulométrica.

Tabela 1 – Composição granulométrica.

Material	Argila (%)	Silte (%)	Areia fina (%)	Areia média (%)	Areia grossa (%)
Solo Natural	21,0	18,0	59,0	2,0	0,0
ARC – Agregado Reciclado de Concreto	0,0	0,0	8,2	36,4	55,4
Solo + 20% ARC	11,5	12	56,4	14,4	5,7
Solo + 40% ARC	9,3	10,7	47,8	22,4	9,9
Solo + 60% ARC	8,0	8,5	42,7	27,8	12,9

Nota-se pela composição granulométrica do agregado reciclado de concreto ARC, que se trata de um excelente material para corrigir a granulometria dos solos, de modo a torná-los mais arenosos e propícios à confecção do solo-cimento. A mistura contendo 40% de ARC, por exemplo, aparece com 20% de silte mais argila e 80% de areia, sendo essa uma composição de interesse para a confecção do solo-cimento. Materiais com essa composição são os mais indicados para a obtenção de tijolos com qualidade, atendendo às prescrições da normalização brasileira com baixo consumo de cimento, algo na casa dos 6% em relação à massa de solo.

4.2 Limites de consistência

Apresenta-se na Tabela 2 os valores obtidos para os limites de consistência.

Tabela 2 – Limites de consistência.

Material	Limite de liquidez (%)	Limite de plasticidade (%)	Índice de plasticidade (%)
Solo Natural	27,7	18,3	9,4
Solo + 20% ARC	21,9	15,8	6,1
Solo + 40% ARC	21,6	15,7	5,9
Solo + 60% ARC	21,4	15,6	5,8

Observa-se que o limite de liquidez e o limite de plasticidade diminuíram em função do aumento de ARC adicionado ao solo. Esses resultados são importantes e propiciam melhoria para a qualidade do produto final.

4.2 Compactação

Na Tabela 3 são apresentados os valores obtidos no ensaio de compactação.

Tabela 3 – Umidade ótima e massa específica aparente seca máxima.

Traço	Umidade ótima (%)	Massa específica aparente seca máxima (g/cm ³)
Solo Natural	12,7	1,89
Solo+ 6% cimento	13,0	1,87
Solo+ 8% cimento	13,0	1,88
Solo+ 10% cimento	13,0	1,87
Solo+ 6% cimento+ 20% ARC	12,0	1,91
Solo+ 8% cimento+ 20% ARC	12,3	1,90
Solo+ 10% cimento+ 20% ARC	11,8	1,89
Solo+ 6% cimento+ 40% ARC	11,3	1,98
Solo+ 8% cimento+ 40% ARC	11,2	1,94
Solo+ 10% cimento+ 40% ARC	11,8	1,93
Solo+ 6% cimento+ 60% ARC	11,2	1,94
Solo+ 8% cimento+ 60% ARC	11,5	1,94
Solo+ 10% cimento+ 60% ARC	11,4	1,94

Observa-se que os valores de umidade ótima diminuem e os de massa específica aparente seca aumentam em função do acréscimo de ARC. Assim, o material apresenta-se mais compacto, significando que houve uma melhor acomodação interna dos grãos no processo de compactação. A tendência, portanto, é a de se obter materiais mais resistentes e de menor absorção de umidade.

4.3 Absorção

Apresenta-se na Tabela 4 os valores obtidos no ensaio de absorção.

Tabela 4 – Absorção dos tijolos.

Traço	Absorção (%)
Solo + 6% cimento	17,5
Solo + 8% cimento	17,2
Solo + 10% cimento	17,0
Solo+ 6% cimento+ 20% ARC	14,7
Solo+ 8% cimento+ 20% ARC	14,5
Solo+ 10% cimento+ 20% ARC	14,3
Solo+ 6% cimento+ 40% ARC	14,1
Solo+ 8% cimento+ 40% ARC	13,5
Solo+ 10% cimento+ 40% ARC	13,3
Solo+ 6% cimento+ 60% ARC	12,8
Solo+ 8% cimento+ 60% ARC	12,6
Solo+ 10% cimento+ 60% ARC	12,5

Verificou-se que todos os traços atenderam a NBR 8492, que preconiza absorção máxima de 20%. Nota-se decréscimos nos valores de absorção conforme se adiciona maiores quantidades de ARC. Esses resultados são importantes e propiciam melhoria para desempenho dos tijolos nas alvenarias.

4.4 Retração

Apresenta-se na Tabela 5 os resultados obtidos no ensaio de retração linear.

Tabela 5 – Retração linear.

Traço	Retração linear (mm)
Solo natural	24,0
Solo+ 20% RC	7,9
Solo+ 40% RC	7,0
Solo+ 60% RC	6,7

O ensaio realizado com o solo natural, sem adição de ARC, apresentou uma fenda na parte central da amostra e a retração total foi de 24 mm, acima do limite recomendado pelo CEPED (1999), que é de 20 mm. Dessa forma, o solo natural utilizado neste trabalho não seria apropriado para a confecção do solo-cimento. Nota-se, porém, que com a adição do ARC houve uma diminuição substancial nos valores de retração e não houve surgimento, em nenhuma das amostras, de fendas na parte central, significando, portanto, haver uma forte tendência de redução da retração por secagem em virtude da incorporação dos ARC.

4.5 Resistência à compressão dos tijolos

Na Tabela 6, e nas Figuras 3 a 5, são mostrados os resultados obtidos nos ensaios de compressão simples em função da idade, do consumo de cimento e do teor de ARC adicionado.

Tabela 6 – Resistência à compressão dos tijolos.

Traço	Resistência média (MPa)				
	07 dias	28 dias	56 dias	120 dias	240 dias
Solo+ 6% cimento	1,6	3,4	4,1	4,7	4,8
Solo+ 8% cimento	2,3	4,2	5,0	6,6	6,8
Solo+ 10% cimento	2,7	5,6	7,3	7,7	8,0
Solo+ 6% cimento+ 20% ARC	2,50	3,7	4,2	5,0	5,5
Solo+ 8% cimento+ 20% ARC	2,9	4,7	5,3	7,2	7,4
Solo+ 10% cimento+ 20% ARC	3,2	5,9	7,4	8,3	8,6
Solo+ 6% cimento+ 40% ARC	2,8	4,4	4,9	5,8	6,0
Solo+ 8% cimento+ 40% ARC	3,0	5,2	6,2	8,1	8,2
Solo+ 10% cimento+ 40% ARC	3,7	6,9	8,1	9,3	9,9
Solo+ 6% cimento+ 60% ARC	2,8	4,6	4,9	5,7	6,0
Solo+ 8% cimento+ 60% ARC	3,1	5,1	6,4	8,0	8,2
Solo+ 10% cimento+ 60% ARC	3,9	7,0	8,0	9,8	9,9

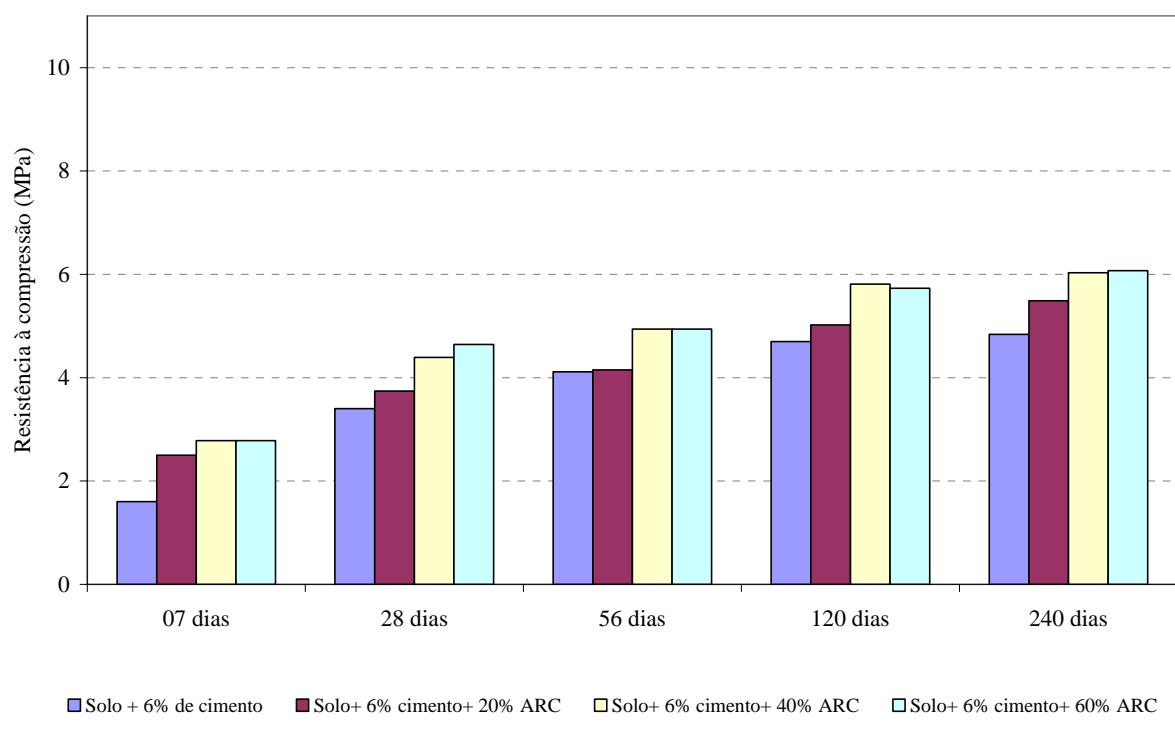


Figura 3 – Resistência à compressão dos tijolos com 6% de cimento

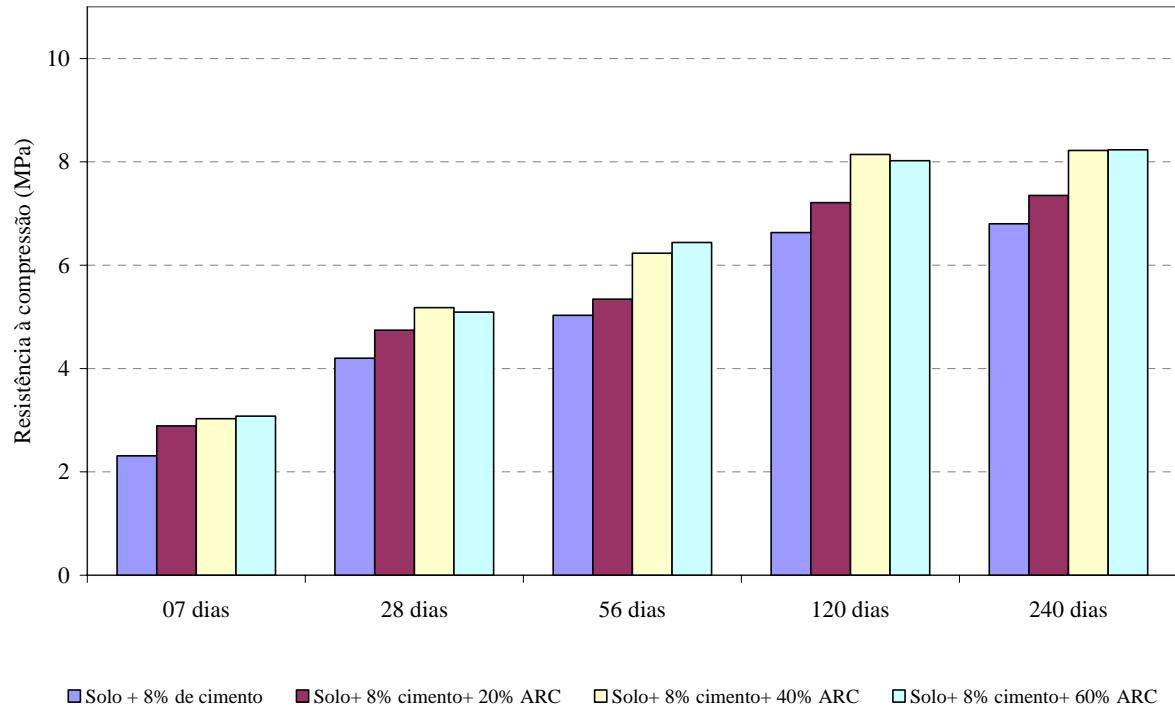


Figura 4 – Resistência à compressão dos tijolos com 8% de cimento

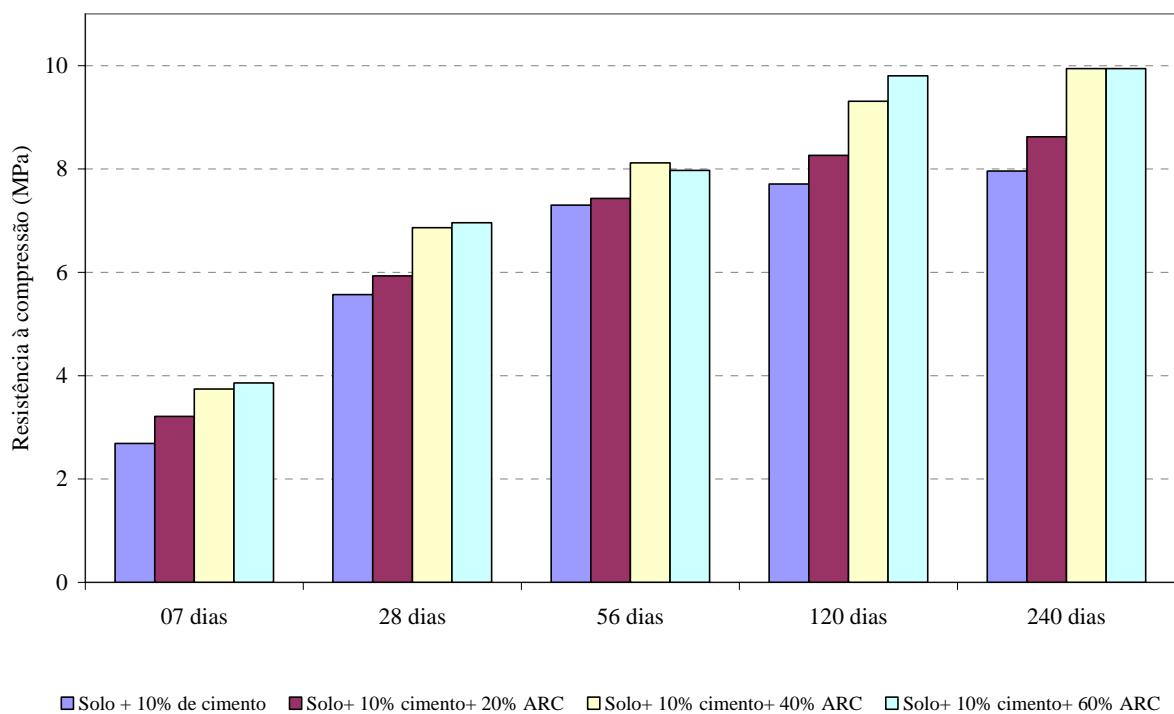


Figura 5 – Resistência à compressão dos tijolos com 10% de cimento

Nota-se que a adição do ARC, até 40% em relação à massa de solo, promoveu aumentos na resistência à compressão dos tijolos. Dos 40% até os 60%, nota-se que não houve a mesma tendência de aumento, e sim uma estabilização no aumento de resistência. Para uma melhor definição desse comportamento, portanto, são necessários ensaios em tijolos com adições de ARC superiores a 60%, o que possibilitará uma melhor avaliação da existência, ou não, de um teor ótimo a ser adicionado, que possa conduzir a valores máximos de resistência. Pode-se também, em outro estudo, avaliar a quantidade máxima de ARC, associada ao mínimo consumo de cimento, sem que haja comprometimento da resistência máxima prescrita na normalização.

A resistência média dos corpos-de-prova sem ARC, com 6% de cimento aos sete dias, Figura 3, não atendeu às prescrições da NBR 8492, que prescreve um valor médio maior ou igual a 2,0 MPa. Observa-se para todas as amostras em estudo que houve um aumento da resistência em função do tempo de cura e também em função do aumento da quantidade de cimento.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se:

- A adição dos ARC possibilitou condições técnicas favoráveis para se produzir tijolos prensados de solo-cimento com qualidade;
- Os tijolos produzidos com o ARC de concreto em estudo, tiveram suas propriedades mecânicas melhoradas e todos atenderam aos requisitos mínimos estabelecidos nas normas brasileiras;
- Os agregados reciclados de concreto são uma excelente alternativa para melhorar as características dos solos, visando a sua aplicação na produção de solo-cimento.

6 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457:** Amostra de solo – Preparação para ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986. 9p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459:** Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984. 6p.
- 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 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 8491:** Tijolo maciço de solocimento. Rio de Janeiro, 1984. 4p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8492:** Tijolo maciço de solocimento – Determinação da resistência à compressão e da absorção d’água. Rio de Janeiro, 1984. 5p. CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO – CEPED. **Manual de Construção com Solocimento.** Camaçari-BA, 1999. 116p.
- CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO – CEPED (1999) Manual de construção com solo-cimento. Camaçari-BA, 1999. 116p.
- OLIVEIRA, M. J. E. **Materiais descartados pelas obras de construção civil: Estudo dos resíduos de concreto para reciclagem.** 2002. 191f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro-SP, 2002.
- SOUZA, M.I.B. **Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento.** Dissertação de Mestrado. UNESP – Campus de Ilha Solteira, 2006, 122p.