

APROVEITAMENTO DA AREIA DE FUNDIÇÃO NA PRODUÇÃO DE TIJOLOS

Marcelo Angst – Acadêmico do Curso de Engenharia Civil, Bolsista de Iniciação Científica, mangciv@urisan.tche.br
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus Santo Ângelo-RS

Márcio Antônio Vendruscolo – Doutor em Engenharia Civil, Professor de Universidade, marven@urisan.tche.br
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI – Campus Santo Ângelo-RS

Resumo: A busca de novas soluções construtivas, aliada ao reaproveitamento de resíduos industriais buscando uma relação entre desenvolvimento sustentável e baixo custo, é o desafio de muitos pesquisadores. Este trabalho consiste no aproveitamento do resíduo areia de fundição (RAF) na fabricação de tijolos de solo-cimento. Os materiais utilizados nesta pesquisa consistem numa combinação de solo, cimento e areia de fundição. A caracterização dos materiais foi realizada através de ensaios de granulometria, densidade real dos grãos, limites de Atterberg e ensaios de compactação. Os teores de areia de fundição adicionados ao solo foram de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, enquanto que, para os materiais cimentados, foram adicionados 4%, 7%, 10% e 12% de cimento Portland Pozolânico CP-IV 32. Amostras cilíndricas de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura foram moldadas para a verificação da resistência à compressão simples dos materiais não cimentados e cimentados curados após 7, 14 e 28 dias. Nos resultados dos ensaios de compactação pode-se admitir que com a adição de cimento o peso específico aparente seco máximo e a umidade ótima não seguem um padrão definido. Os resultados dos ensaios de resistência à compressão simples demonstraram, de um modo geral, que com o acréscimo do teor de cimento e do tempo de cura há um aumento da resistência. O material com adição de 50% de resíduo apresentou um melhor desempenho para a produção de tijolos de solo-cimento, principalmente aqueles com 10 e 12 % de cimentação.

Palavras-chave: Solo-Cimento, Resistência, Areia de fundição

1. INTRODUÇÃO

A indústria da fundição é conhecida como atualmente poluidora, talvez, pelo fato de ser confundida com o setor siderúrgico, ou também pelo fato de em décadas anteriores,

despejarem seus poluentes na atmosfera, através dos seus fornos de fusão. Hoje, o grande problema das empresas de fundição são os seus resíduos sólidos, constituídos dos excedentes das areias usadas na confecção dos moldes e machos (Bonet, 2002).

A disposição do resíduo areia de fundição em aterros industriais, quando não monitorado, gera um sério problema adicional, pois os órgãos e regulamentos ambientais estão obrigando as empresas a destinar seus resíduos em aterros cada vez mais distantes do local gerado, aumentando consideravelmente os custos envolvidos.

Também não se pode esquecer das restrições aos financiamentos sob forma de condicionantes ambientais, estabelecidos, por exemplo, nas Políticas Operacionais do Sistema BNDES que diz: “A análise de todo e qualquer empreendimento apresentado ao sistema BNDES avaliará os impactos de natureza social, ambiental e de suprimento e racionalização de energia. Serão considerados como condicionantes do apoio do sistema as providências para neutralizar eventuais efeitos negativos cujos gastos poderão ser incluídos como itens financiáveis”.

Devido a isso, as empresas do setor de fundição procuram alternativas como: reaproveitamento externo dos seus resíduos, redução dos desperdícios, redução no número de moldes e um tratamento das areias de fundição que seriam descartadas. Este último é obtido removendo e inertizando os contaminantes, para que possibilite o seu reaproveitamento em novos produtos, com o intuito de não agredir o meio ambiente, diminuir custos do estoque destes materiais e serem competitivas neste mercado globalizado.

Em face do exposto anteriormente, podemos nos questionar sobre a possibilidade do reaproveitamento da areia de fundição na produção de tijolos de solo-cimento. A resposta para esta questão somente será possível após a realização de pesquisas sobre o assunto.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

O solo utilizado neste estudo é proveniente do horizonte B de um solo residual de basalto obtido no campus da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, localizado na cidade de Santo Ângelo, no Rio Grande do Sul.

Os resíduos sólidos de areia de fundição utilizado na pesquisa serão provenientes da empresa FUNDIMISA, Fundição das Missões, de Santo Ângelo-RS.

Foram definidos várias misturas a serem utilizados neste trabalho em função das proporções entre o resíduo areia de fundição (RAF) e o solo Argiloso (SA). As proporções utilizadas foram as seguintes: 0% resíduo e 100% solo, 25% resíduo e 75% solo, 50% resíduo e 50% solo, 75% resíduo e 25% solo e 100% resíduo e 0% solo. Num primeiro momento foram desenvolvidos ensaios de caracterização física do resíduo e do solo com o objetivo de caracterizar os materiais. Estes ensaios compreendem ensaios de granulometria, densidade real dos grãos, índice de vazios máximo e mínimo, limites de Atterberg e ensaios de compactação.

Amostras cilíndricas de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura foram moldadas na umidade ótima e peso específico aparente seco máximo obtidos no ensaio de compactação (Proctor) com energia normal. O agente cimentante adicionado às amostras foi o cimento Portland Pozolânico CP-IV 32 nos teores de 4%, 7%, 10% e 12% em relação ao peso seco da mistura de solo e resíduo. A quantidade de água adicionada foi determinada em relação ao peso total da mistura de solo, resíduo e cimento. Os ensaios de resistência à compressão dos materiais cimentados foram executados após 7, 14 e 28 dias de cura em câmara úmida.

3. RESULTADOS E ANÁLISE

3.1 Granulometria

A NBR 7181 (ABNT, 1984) especifica o ensaio de granulometria. As porcentagens de argila, silte, areia fina, areia média, areia grossa e pedregulho encontradas nos materiais podem ser observadas nas Figuras 1 e 2. Pelos ensaios de granulometria pode-se observar que o resíduo sólido possui uma pequena quantidade de argila, enquanto que o solo é composto quase que totalmente por argila.

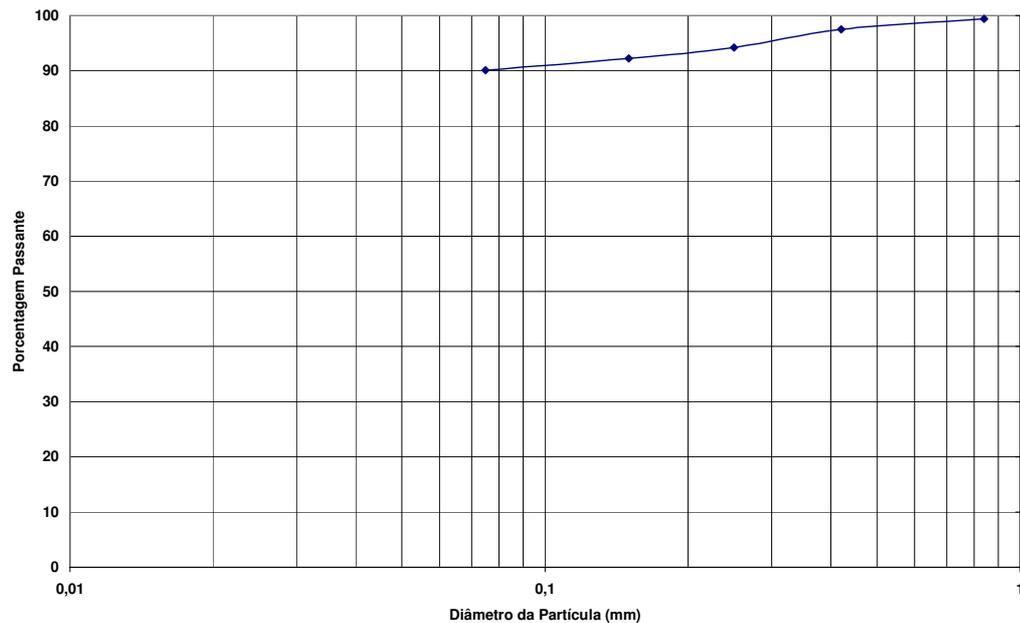


Figura 1 - Curva granulométrica do Solo Argiloso

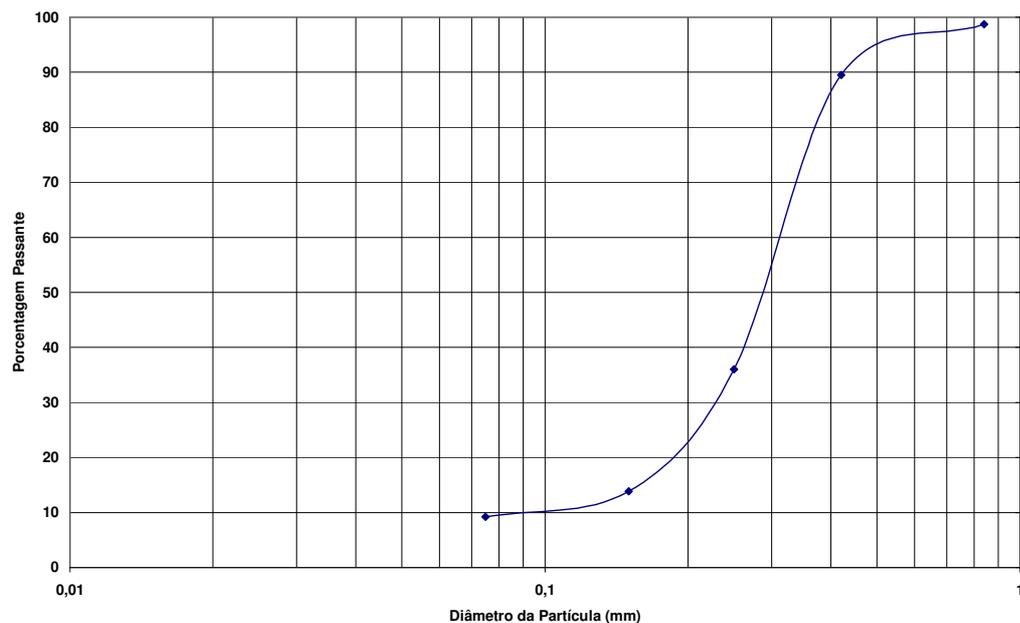


Figura 2 - Curva granulométrica do Resíduo Sólido

3.2 Densidade Real dos Grãos

A densidade real dos grãos obtida do Solo Argiloso foi de 2,393 g/cm³. Para 25 % de Resíduo Sólido + 75 % de Solo Argiloso obteve-se 2,566 g/cm³. Para 50 % de Resíduo Sólido + 50 % de Solo Argiloso obteve-se 2,601 g/cm³. Para 75 % de Resíduo Sólido + 25 % de Solo Argiloso obteve-se 2,657 g/cm³. Para o Resíduo Sólido obteve-se 2,514 g/cm³.

3.3 Limites de Atterberg

Os ensaios de Limite de Liquidez, de Plasticidade e Índice de Plasticidade foram executados de acordo com as seguintes normas técnicas: NBR 6459 (ABNT, 1984) e NBR 7180 (ABNT, 1984). Os resultados podem ser observados na Tabela 1. A argila é de fundamental importância para a plasticidade do material. Assim, materiais com pouca quantidade de argila resulta em materiais pouco plásticos, sendo que a mistura de 100% de Resíduo Sólido (RS) + 0% de Solo Argiloso (S) comporta-se como um material não plástico.

Tabela 1 - Limites de Atterberg de cada Mistura

	100% S + 0% RS	75% S + 25% RS	50% S + 50% RS	25% S + 75% RS	0% S + 100% RS
Limite de Liquidez (%)	42,5	37,2	29,5	21,6	Não Plástico
Limite de Plasticidade (%)	25,7	20,8	15	14,5	Não Plástico
Índice de Plasticidade (%)	16,8	16,3	14,5	7,1	Não Plástico

3.4 Ensaio de Compactação

Os Ensaio de Compactação foram realizados de acordo com a NBR 12023 (ABNT, 1992), com o objetivo de obter o peso específico aparente seco máximo e a umidade ótima de cada mistura, com e sem cimentação. As curvas de compactação podem ser observadas nas Figuras 3 a 7. Nestes resultados observa-se que quanto maior o teor de resíduo na mistura, maior é o peso específico aparente seco. Quanto à adição de cimento, não há um padrão definido na variação do peso específico e da umidade ótima.

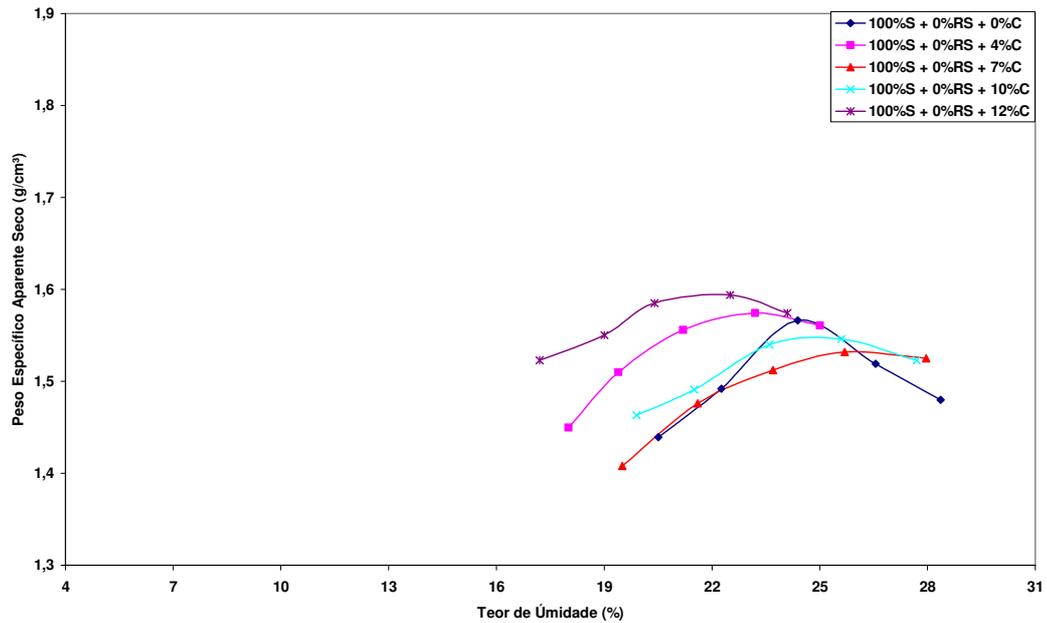


Figura 3 - Ensaio de Compactação de 100% de Solo Argiloso + 0% de Resíduo Sólido

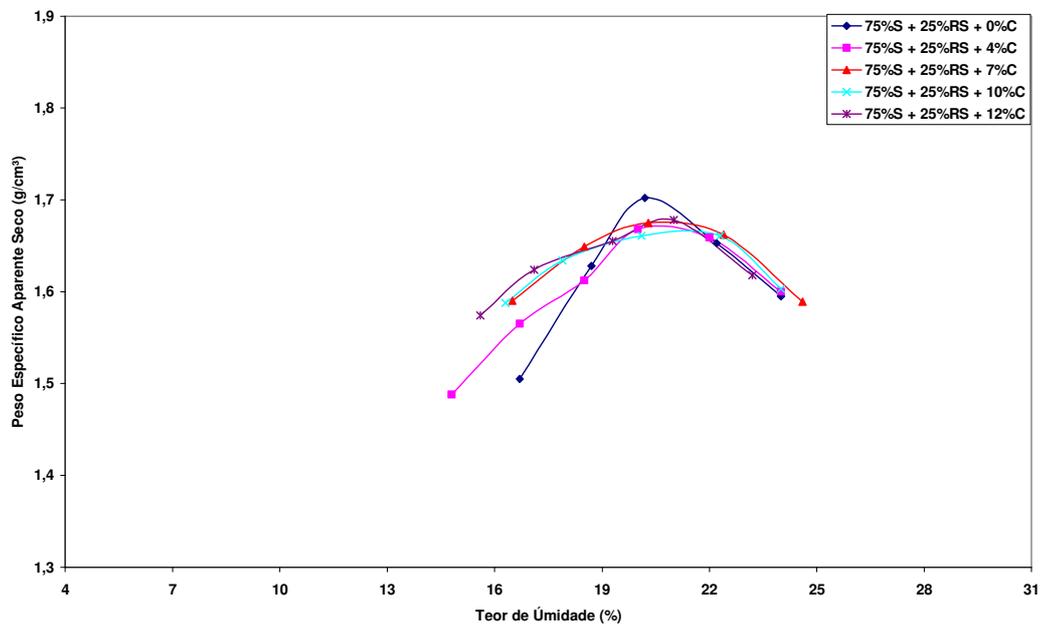


Figura 4 - Ensaio de Compactação de 75% de Solo Argiloso + 25% de Resíduo Sólido

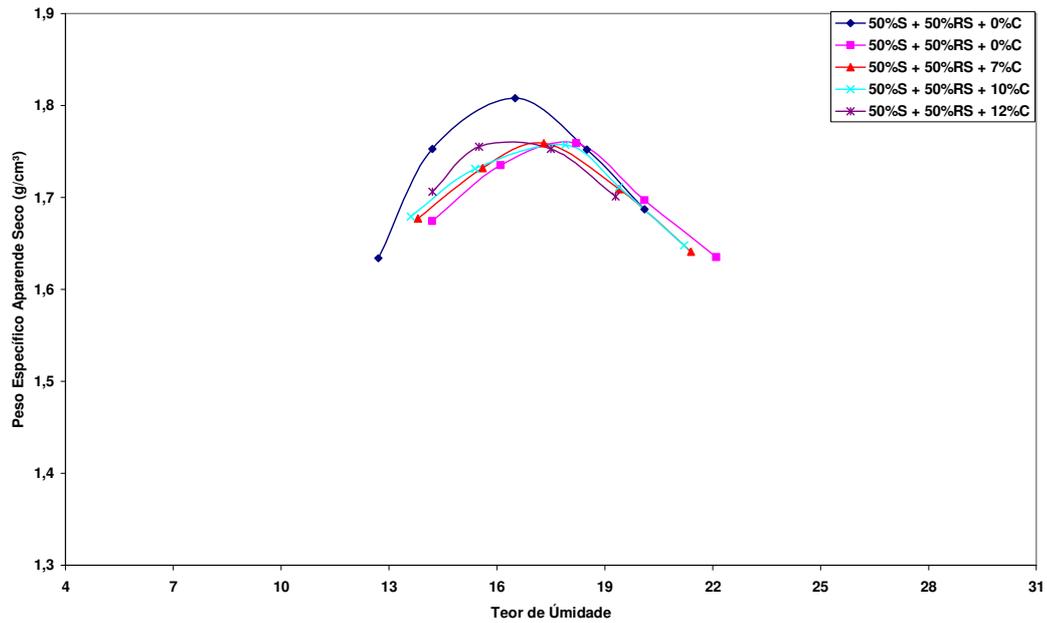


Figura 5 - Ensaio de Compactação de 50% de Solo Argiloso + 50% de Resíduo Sólido

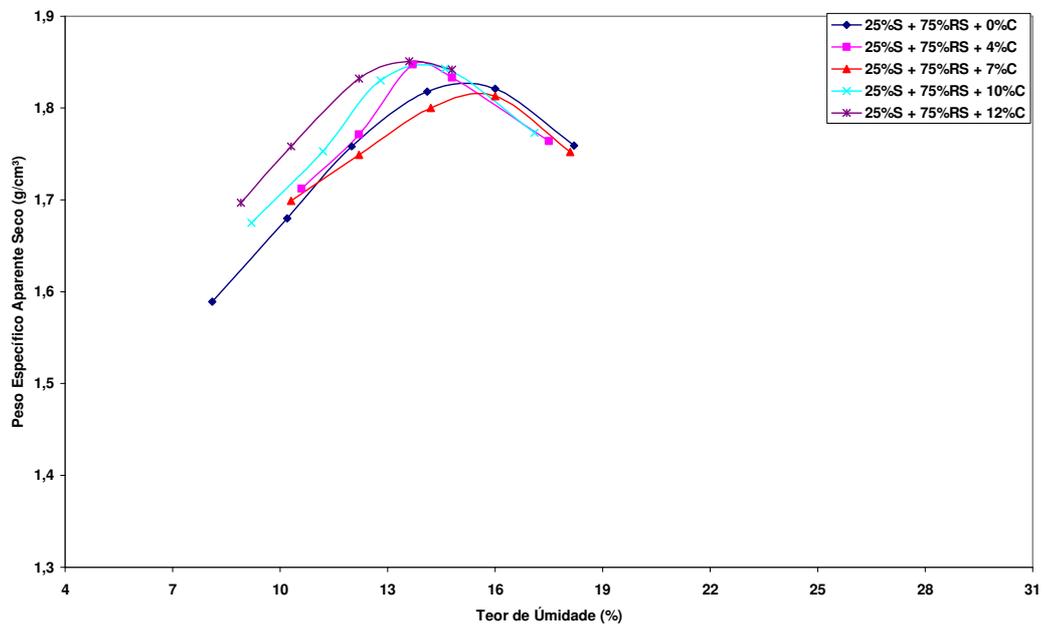


Figura 6 - Ensaio de Compactação de 25% de Solo Argiloso + 75% de Resíduo Sólido

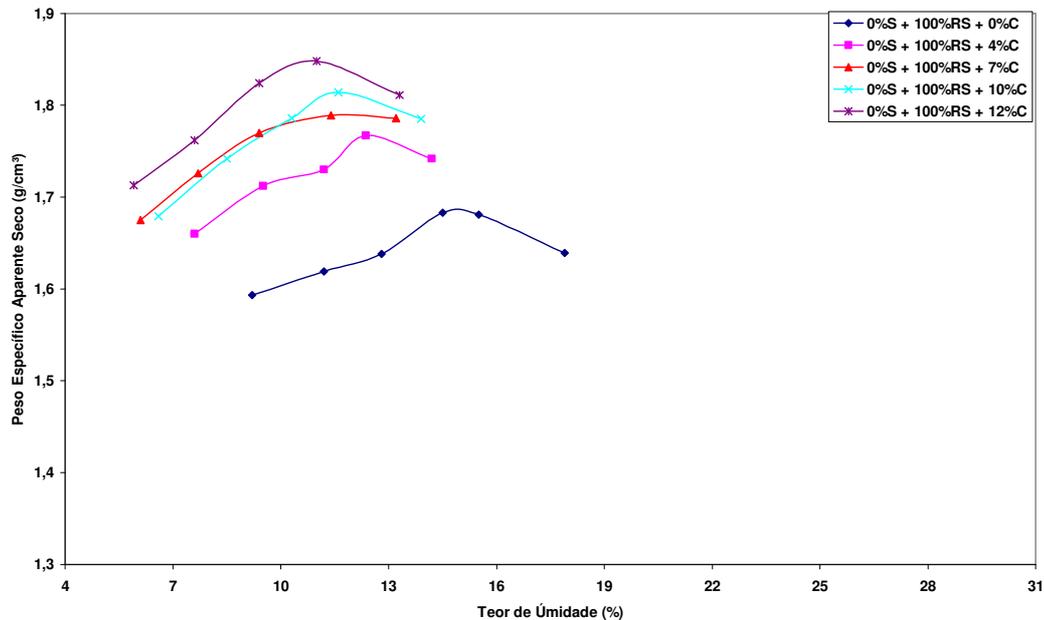


Figura 7 - Ensaio de Compactação de 0% de Solo Argiloso + 100% de Resíduo Sólido

3.5 Ensaios de Resistência à Compressão Simples

O ensaio de resistência à compressão simples foi realizado de acordo com a NBR 12025 (ABNT, 1990a). Os resultados dos ensaios podem ser observados nas Figuras 8 a 12. Pode-se observar nestes resultados que quanto maior o teor de cimento, maior a resistência à compressão simples. A máxima resistência à compressão simples foi atingida para o material com adição de 50% de resíduo para os diferentes teores de cimento. De um modo geral, houve um acréscimo da resistência do material com o aumento do tempo de cura. A NBR 8491 (ABNT, 1984a) recomenda que a média das resistências à compressão não deve ser inferior a 2,0 MPa. Os materiais que atendem a este critério são aqueles que contêm 50% e 75% de resíduo com um teor de cimento acima de 10% e curados há 28 dias.

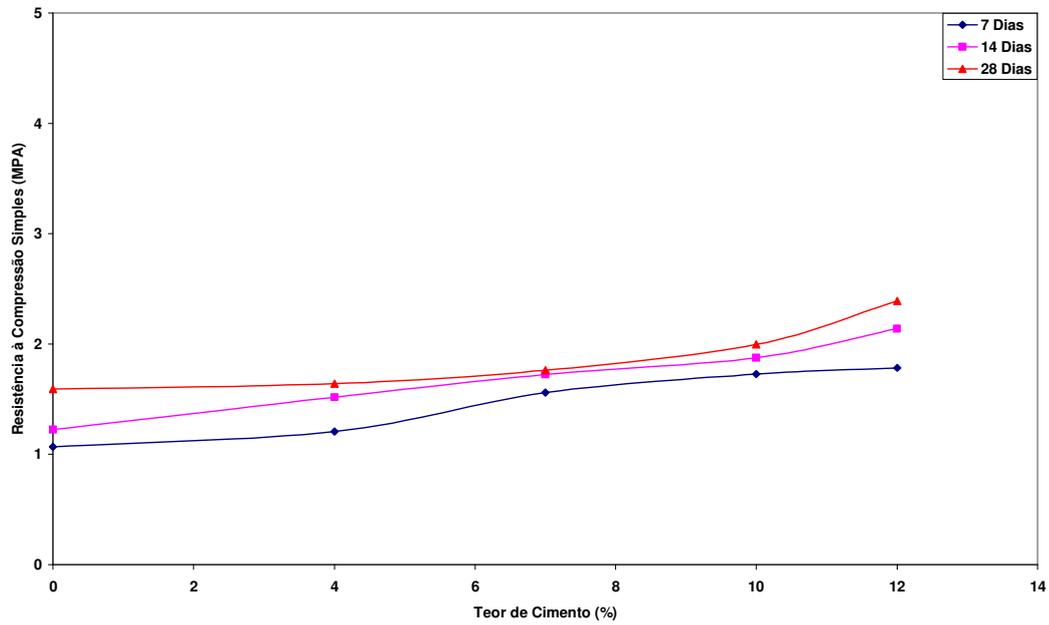


Figura 8 - Mistura de 100% de Solo Argiloso + 0% de Resíduo Sólido

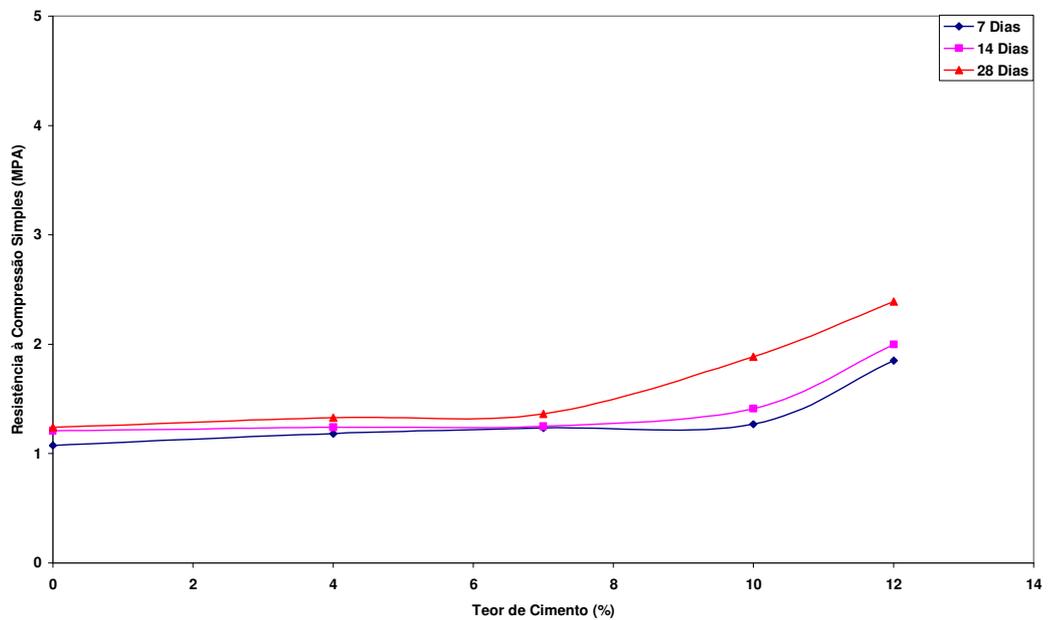


Figura 9 - Mistura de 75% de Solo Argiloso + 25% de Resíduo Sólido

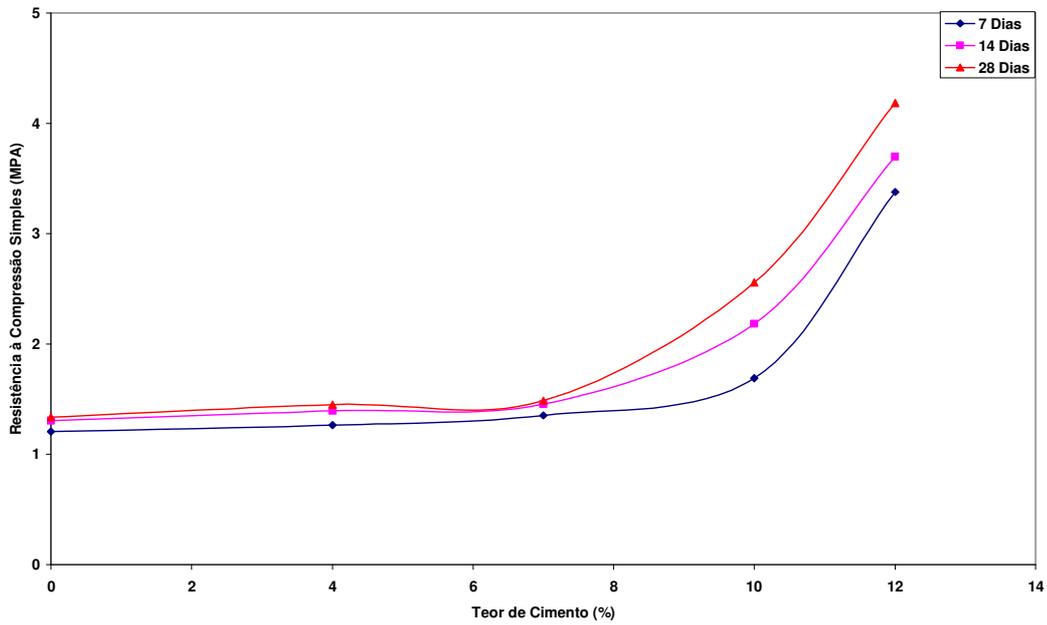


Figura 10 - Mistura de 50% de Solo Argiloso + 50% de Resíduo Sólido

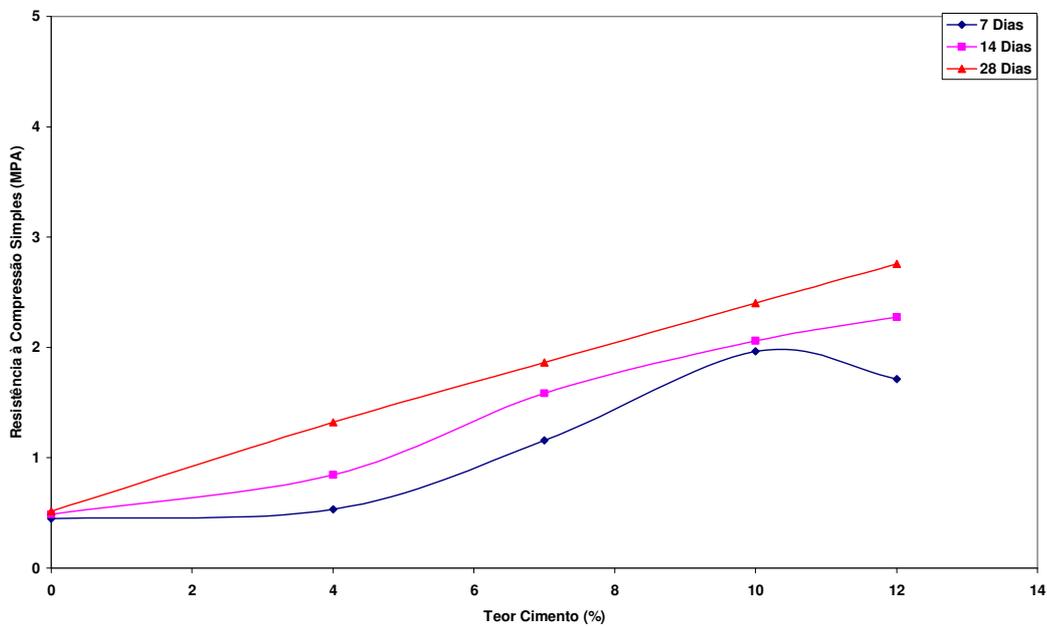


Figura 11 - Mistura de 25% de Solo Argiloso + 75% de Resíduo Sólido

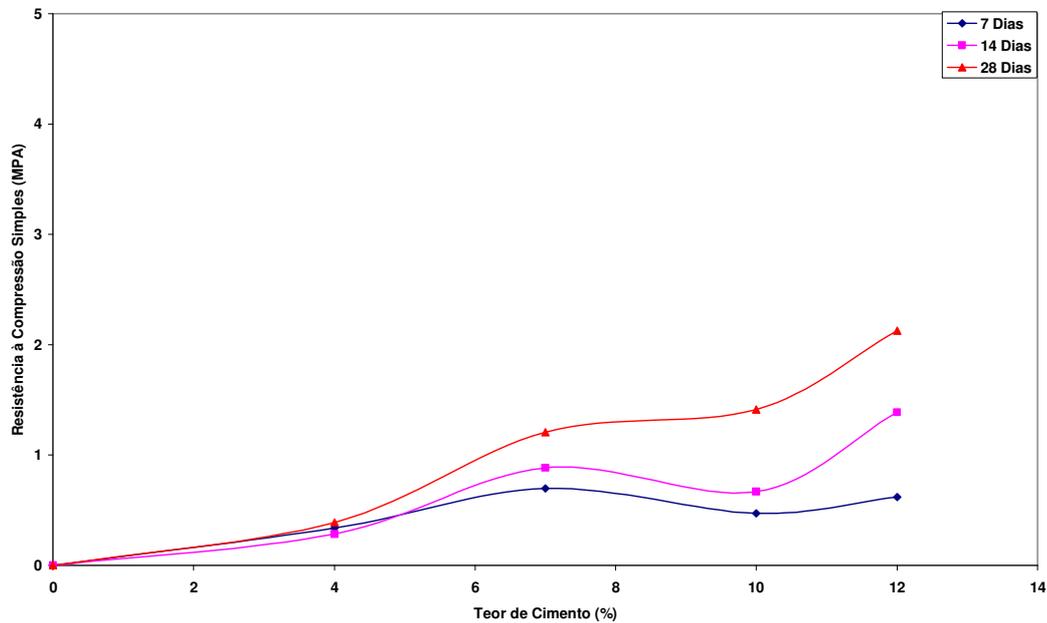


Figura 12 - Mistura de 0% de Solo Argiloso + 100% de Resíduo Sólido

4. CONCLUSÃO

Pelos ensaios de granulometria pode-se observar que o resíduo sólido apresenta uma pequena quantidade de argila, enquanto que o solo é composto quase que totalmente por argila. Da mistura dos dois materiais o teor de argila variou de 58,12% a 26,18%. Assim, o teor de argila exerce uma influência importante na plasticidade do material, onde a mistura de 100% de Resíduo Sólido + 0% de Solo Argiloso possui um comportamento não plástico.

Nos ensaios de compactação observa-se que quanto maior o teor de resíduo na mistura, maior é o peso específico aparente seco. Quanto à adição de cimento, não há um padrão definido na variação do peso específico e da umidade ótima, sendo que podem diminuir ou aumentar dependendo da porcentagem de cimento utilizada.

Com relação aos ensaios de compressão simples dos materiais, os resultados demonstraram que quanto maior o teor de cimento, maior a resistência à compressão simples. A máxima resistência à compressão simples foi atingida para o material com adição de 50% de resíduo para os diferentes teores de cimento. De um modo geral, houve um acréscimo da resistência do material com o aumento do tempo de cura. A NBR 8491 (ABNT, 1984a) recomenda que a média das resistências à compressão não deve ser inferior a 2,0 MPa. Baseado nisso, o material com adição de 50% de resíduo e 10% de cimento foi o que apresentou o melhor desempenho para a produção de tijolos de solo-cimento considerando o aspecto técnico e econômico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12023:** Solo-cimento – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1992. 6p.

_____. **NBR 12025:** Solo-cimento – Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1990. 2p.

_____. **NBR 12024:** Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1992. 5p.

_____. **NBR 10832:** Fabricação de Tijolos maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Rio de Janeiro, 1988. 3p.

_____. **NBR 8491:** Tijolo maciço de solo-cimento. Rio de Janeiro, 1984. 4p.

_____. **NBR 6459:** Limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984. 2p.

_____. **NBR 7180:** Limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984. 2p.

_____. **NBR 7181:** Ensaio de granulometria por sedimentação. Rio de Janeiro, 1984. 2p.

BONET, I.I. **Valorização do Resíduo Areia de Fundição – Incorporação nas Massas Asfálticas do Tipo CBUQ.** Florianópolis, 2002. 131p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da UFSC.

DEPEA – DEPARTAMENTO DE ESTUDOS E PESQUISAS APLICADAS DO BNH. **Uniformização das técnicas de aplicação do solo-cimento na construção habitacional.** BNH – DEPEA, Rio de Janeiro, 1985.

PINTO, Carlos de Souza. **Evolução das pesquisas de laboratório sobre solo-cimento.** 5ª ed. São Paulo : ABCP, 1989.

DALLA ROSA, A.; VENDRUSCOLO, M.A.; SEIDLER, N. Aproveitamento de Resíduos da Construção: Um Estudo Preliminar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 13, 2006, Curitiba. **Anais...** São Paulo: ABMS, 2006.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa Institucional de Iniciação Científica da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (PIIC-URI) pelo financiamento do programa e aos funcionários do Laboratório de Ensaios Tecnológicos da Construção Civil – LETCC.