

Estudo de solo-cimento com adição de resíduo de serraria

(Soil study with addition of sawmill residue)

R.S. Macedo⁽¹⁾; R.B. Cunha,⁽²⁾ H.S. Flechtner⁽³⁾; M.C. Silva⁽³⁾; V.P. Gomes⁽⁴⁾

⁽¹⁾Prof. da UFCG/UAEMa

⁽²⁾Bolsista de IC do PIBIC/CNPQ/UFCG

⁽³⁾Alunos voluntários da UFCG

⁽⁴⁾Aluna voluntária da FACISA

Av. Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, 58429-900

rafaelbragadacunha@gmail.com, reginaldosmacedo@gmail.com

Resumo

O desafio para o desenvolvimento sustentável é a busca por materiais de construção alternativos que vem crescendo nas últimas décadas e a utilização do solo-cimento tem se mostrado satisfatório. Entretanto, para que possa ocorrer à expansão do uso desse material é necessário conhecer seu comportamento ao longo do tempo. É fundamental o conhecimento das condições de uso e da durabilidade de novos materiais, sobretudo tratando-se do aproveitamento de resíduos, para que haja confiabilidade nas suas aplicações tecnológicas. Diante deste desafio, desenvolvemos um monolítico de solo-cimento incorporando em sua composição pó de serragem de madeira. Foram realizados ensaios de granulometria, ensaios de plasticidade, análise química, difração de raios X. As propriedades físico-mecânicas determinadas foram: absorção de água e resistência à compressão simples, em corpos de prova retangulares, que após o rompimento foram analisados no MEV. Como resultado, temos um produto prensado de solo-cimento, conhecido como tijolo ecológico, com maior conforto térmico, acústico e melhores condições de trabalho.

Palavras chave: Monolítico, tijolo ecológico, serragem de madeira.

Abstract

The challenge for sustainable development is the search for alternative building materials that has been growing in recent decades and the use of soil-cement has proved to be satisfactory. However, for it to occur to the expansion of the use of this material it is necessary to know its behavior over time. It is essential to know the conditions of use and the durability of new materials, especially in the use of waste, so that there is reliability in their technological applications. Faced with this challenge, we developed a monolithic soil-cement incorporating in its composition sawdust wood. The physico-mechanical properties determined were: water absorption and resistance to simple compression, in rectangular test specimens, which after the rupture were analyzed in the SEM. As a result, we have a pressed soil-cement product, known as ecological brick, with greater thermal, acoustic and better working conditions.

Keywords: Monolithic, ecological brick, Wood sawdust.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é conhecida como uma das áreas mais relevantes para o desenvolvimento econômico e social, porém, em contrapartida, comporta-se como uma grande consumidora de recursos naturais dos quais acabam gerando impactos ambientais ^[1]. O termo sustentabilidade vem se tornando cada vez mais presente no dia-a-dia da indústria e de outras áreas, a fim de preservar cada vez mais o meio ambiente e diminuir consideravelmente os impactos ambientais que as mesmas geram ^[2].

Por tanto, a constante preocupação ambiental por parte do governo e dos setores privados tem encaminhado às correntes procuras por técnicas menos agressivas ao meio ambiente. Sendo assim, a busca pela utilização de práticas sustentáveis que minimizem desde a origem os impactos ambientais da construção civil vem se tornando cada vez mais crescentes na indústria ^[3].

Desta forma, o solo-cimento surge como uma tecnologia desenvolvida a mais de 100 anos que se apresenta como alternativa aos materiais cerâmicos conhecidos a fim de utilizar menos recursos naturais, materiais e energia. Segundo Sousa (2006) ^[4] os tijolos ecológicos, obtidos a partir da mistura de água, solo e cimento Portland, vêm ganhando destaque entre os materiais de construção alternativos devido a suas vantagens em relação aos tijolos convencionais das quais são: maior conforto térmico e acústico, redução de desperdícios, melhores condições de trabalho e menor quantidade de entulho gerado.

Em relação às vantagens econômicas temos que os tijolos ecológicos apresentam um menor custo de produção, devido ao fato dos equipamentos utilizados serem simples e de baixo custo, além de não necessitarem de mão de obra especializada para operar e a possibilidade de serem feitos no próprio canteiro de obras, reduzindo assim os custos com o transporte ^[4].

Do ponto de vista sustentável uma das fundamentais vantagens dos tijolos ecológicos é a não necessidade de se passar pelo processo de queima, do qual são consumidas volumosas quantidades de madeira ou de outros combustíveis, como é o caso dos tijolos tradicionais. De acordo com Cordeiro et al. (2004) ^[5] outra vantagem do solo-cimento é a capacidade de incorporar a ele outros materiais incluindo rejeitos industriais e agregados produzidos com entulho reciclado.

Os resíduos sempre foram e são problemas nas indústrias. Devido às técnicas de produção, o volume dos resíduos são grandes, gerando enormes problemas com o acúmulo no meio ambiente.

O resíduo de madeira por suas características, como baixo peso específico e por ser um material lignocelulósico, vem a se tornar um possível material a ser adicionado aos tijolos solo-cimento, a fim de proporcionar uma nova alternativa sustentável para o resíduo de madeira.

A indústria moveleira brasileira é uma grande geradora de subprodutos de madeira e tem apresentado um crescimento anual de 27,5% em relação à geração deste subproduto, onde em 1985 o volume dos resíduos era de 7.503.000 e passou a ser de 85.244.727 no ano de 2000 [6].

A geração de resíduos é efeito natural do processamento primário e secundário da madeira causada pelo contato com as serras e acabamento da madeira [7]. O excesso na geração de resíduos de madeira devido ao seu baixo aproveitamento resulta em danos ambientais devido à inadequada destinação final, como por exemplo, a queima do pó de serra do qual provoca problemas respiratórios e ambientais [8].

Desta forma, surge o estudo da incorporação da serragem de madeira ao tijolo ecológico, a fim de propor soluções técnicas para reduzir os impactos ambientais provenientes da inadequada destinação final deste material. Visando desenvolver monolíticos de solo-cimento incorporando em sua composição o pó de madeira, produzido e descartado ao meio ambiente, como resíduo, em pequenas indústrias de marcenaria de Campina Grande-Paraíba.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de trabalho baseou-se na caracterização dos materiais estudados e na determinação dos parâmetros de resistência e absorção de água dos corpos de prova. Foram executados ensaios laboratoriais para a caracterização do solo e dos corpos de prova retangulares, produzidos por prensagem uniaxial de dimensão (6,0 x 2,0 x 0,5) cm³.

Materiais

Cimento

O cimento utilizado na composição de solo-cimento foi o cimento Portland composto (CP II), por possuir propriedades satisfatórias à confecção dos tijolos ecológicos.

Resíduo de serraria

A serragem de madeira foi o resíduo utilizado na composição de solo-cimento, a qual foi obtida em uma pequena serraria situada em Campina Grande, PB.

Solo

O solo argiloso (o qual nomeamos ACS2) utilizado na composição de solo-cimento foi coletado em uma indústria cerâmica, situada no município de Soledade, PB.

Métodos

Foram realizados os ensaios de análise da composição química, análise granulométrica (neste ensaio foram passados em malha 80, o solo argiloso e o pó de madeira), limites de consistência e, como ensaios das propriedades físico-mecânicas nos corpos de prova, foram realizados os ensaios de resistência mecânica, absorção de água e microscopia eletrônica de varredura (MEV), após o rompimento dos mesmos.

O traça usado, encontra-se detalhado na Tabela III, a seguir.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados parciais obtidos são apresentados a seguir e se referem à caracterização do solo e caracterização física e mecânica dos corpos-de-prova.

Análise da composição química

Na Tabela I consta o resultado referente à composição química do solo ACS2 estudado.

Tabela I - Composição química do solo

Óxidos Presentes	Teor (%)
SiO ₂	53.50
Al ₂ O ₃	25.00
Fe ₂ O ₃	10.54
K ₂ O	3.88
MgO	2.98
TiO ₂	1.22
CaO	1.85
Outros	0.99

Observa-se que a amostra analisada pode ser classificada como sendo um solo com elevado teor de sílica (mais de 50%), que possivelmente, é proveniente dos minerais argilosos e da sílica livre em sua composição. Nota-se que a presença de alumina (Al₂O₃) é baixa, a qual provavelmente está relacionada com a proporção de mineral argiloso e do feldspato. Esse baixo teor de alumina é característico das argilas utilizadas na tecnologia de cerâmica vermelha. Verifica-se que o teor de óxido de ferro é maior que 10%, o que é característico de argilas que queimam na cor vermelha. Por outro lado, percebe-se que o solo ACS2 apresenta uma boa quantidade de (sílica + alumina + óxido de ferro) totalizando 89,04% de toda composição, superando assim, o valor mínimo de 70% exigido pela ASTM C618 (2005) [9].

Análise Granulométrica

A Figura 1 contém o resultado referente à curva de distribuição granulométrica acumulada do solo.

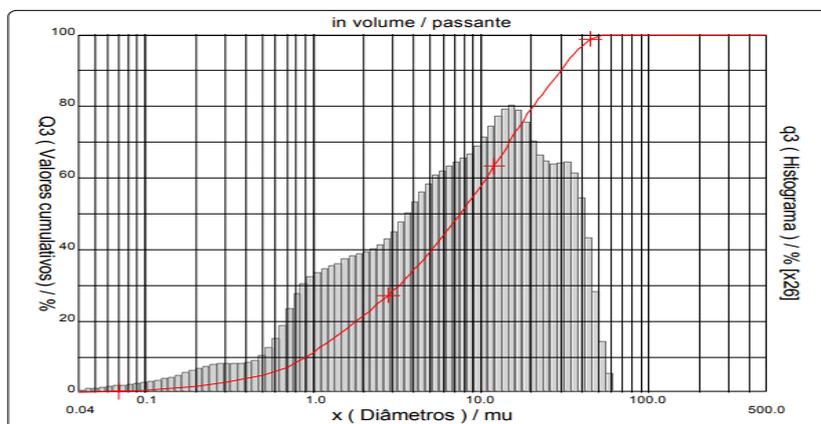


Figura 1 - Distribuição granulométrica acumulada do solo.

Analisando a Figura 1, é possível notar que a amostra apresentou um percentual de fração argila (21,60%), para a fração silte de (57,74%) e para a fração areia de (20,66%) com um diâmetro médio (D_m) de 11,65%. Logo, a amostra analisada contém um baixo percentual de fração argila, mas com um alto percentual de fração silte, o que resulta em um equilíbrio de dimensões de partículas, por ser uma faixa de dimensões muito próxima, dando a massa argilosa, a condição de ser moldável, portanto, pode-se considerar que o solo ACS2 não é o mais adequado para a composição de solo-cimento, entretanto, ainda assim apto ao estudo. Segundo estudos realizados no CEPED em 1984^[10], indicam que o teor de silte mais argila deve estar entre 10 e 55% e que o teor de argila seja inferior a 20%. O solo em questão apresenta um teor de silte mais argila superior do que o recomendado.

Limite de consistência

Na tabela II são mostrados os limites de consistência (também conhecidos como Limites de Atterberg) do solo ACS2.

Tabela II - Índices de Atterberg do solo ACS2

Índices de Plasticidade (%)	Teor (%)
Limite de Liquidez	46,76
Limite de Plasticidade	29,52
Índice de Plasticidade	17,24

Percebe-se que os índices de Atterberg estão em conformidade com as normas e indicações de CEPED (1984)^[10], do qual sugere que o limite de liquidez não ultrapasse os 50% e que o índice de plasticidade não ultrapasse os 18%, a fim de garantir melhores condições aos

tijolos ecológicos, com isso classifica-se o solo como altamente plástico, devido ao seu índice de plasticidade ultrapassar os 15%. Índices de plasticidade inferiores a 10% podem ser problemáticos, pois uma pequena variação no teor de água pode acarretar em mudanças na consistência da massa cerâmica.

Resistência à compressão e absorção de água

A resistência à compressão simples e a absorção de água dos corpos de prova são duas propriedades bastante importantes, pois estão relacionadas com o seu desempenho, quando em serviço, na construção civil. A Tabela III contém os resultados obtidos com os ensaios de resistência à compressão e absorção de água, como também o traço escolhido.

Tabela III - Resistência à compressão e absorção de água dos corpos de prova

Traço	Resistência à compressão simples (MPa)				Absorção de Água (%)	
	07 dias	14 dias	21 dias	28 dias		
5% de Cimento +	100% de solo	1,50	1,56	1,63	1,66	15,32%
	95% de solo + 5% de resíduo	1,23	1,30	1,33	1,44	Desmanchou
	90% de solo + 10% de resíduo	1,07	1,11	1,21	1,25	Desmanchou
	85% de solo + 15% de resíduo	0,85	0,90	0,93	0,97	Desmanchou
7,5% de Cimento +	100% de solo	1,55	1,58	1,65	1,69	14,95%
	95% de solo + 5% de resíduo	1,30	1,35	1,43	1,47	Desmanchou
	90% de solo + 10% de resíduo	1,17	1,17	1,23	1,36	Desmanchou
	85% de solo + 15% de resíduo	1,03	1,12	1,12	1,24	Desmanchou

Observando a Tabela III nota-se, que a resistência à compressão dos corpos de prova apresentou um comportamento ascendente durante todo o ciclo. Além disso, é evidenciado que os corpos de prova sofreram consequências diretas na resistência à compressão e absorção de água, devido a uma elevada porosidade do resíduo em questão. Observa-se que quanto maior a porcentagem do resíduo na composição maior será a absorção de água e conseqüentemente menor será a resistência à compressão dos corpos de prova.

Em relação à absorção de água das composições com resíduo, é possível observar que a alta porosidade do material resultou em um desmanche dos corpos de prova, logo se verificava assim, uma alta porcentagem de absorção de água da qual ultrapassa os limites de 20% impostas pela norma NBR 8492 ^[11].

Observa-se ainda, que os corpos de prova com porcentagens de 5, 10 e 15% de resíduo apresentaram resistência média baixa, além de apresentarem altíssimos valores de absorção de água, portanto, não apropriado para a utilização na construção civil, como tijolos ecológicos.

Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV

As Figuras A, B, C, D, E e F a seguir, representam as imagens obtidas através do MEV, onde se nota o comportamento dos materiais em suas diferentes composições. Na Figura 2 temos as imagens das composições com 5, 10 e 15% de resíduo de serraria de madeira e 5% de cimento. Já na Figura 3 temos as imagens referentes as composições com 5, 10 e 15% de resíduo de serraria de madeira e 7,5% de cimento.

Nota-se uma superfície heterogênea e desinforme, evidenciando assim a falta de interação entre os materiais usados, que pode ter gerado porosidade, onde se nota a presença de vazios na morfologia dos corpos ensaiados, resultando em um material poroso, portanto, resultando em baixos valores para os ensaios de resistência à compressão simples e absorção de água.

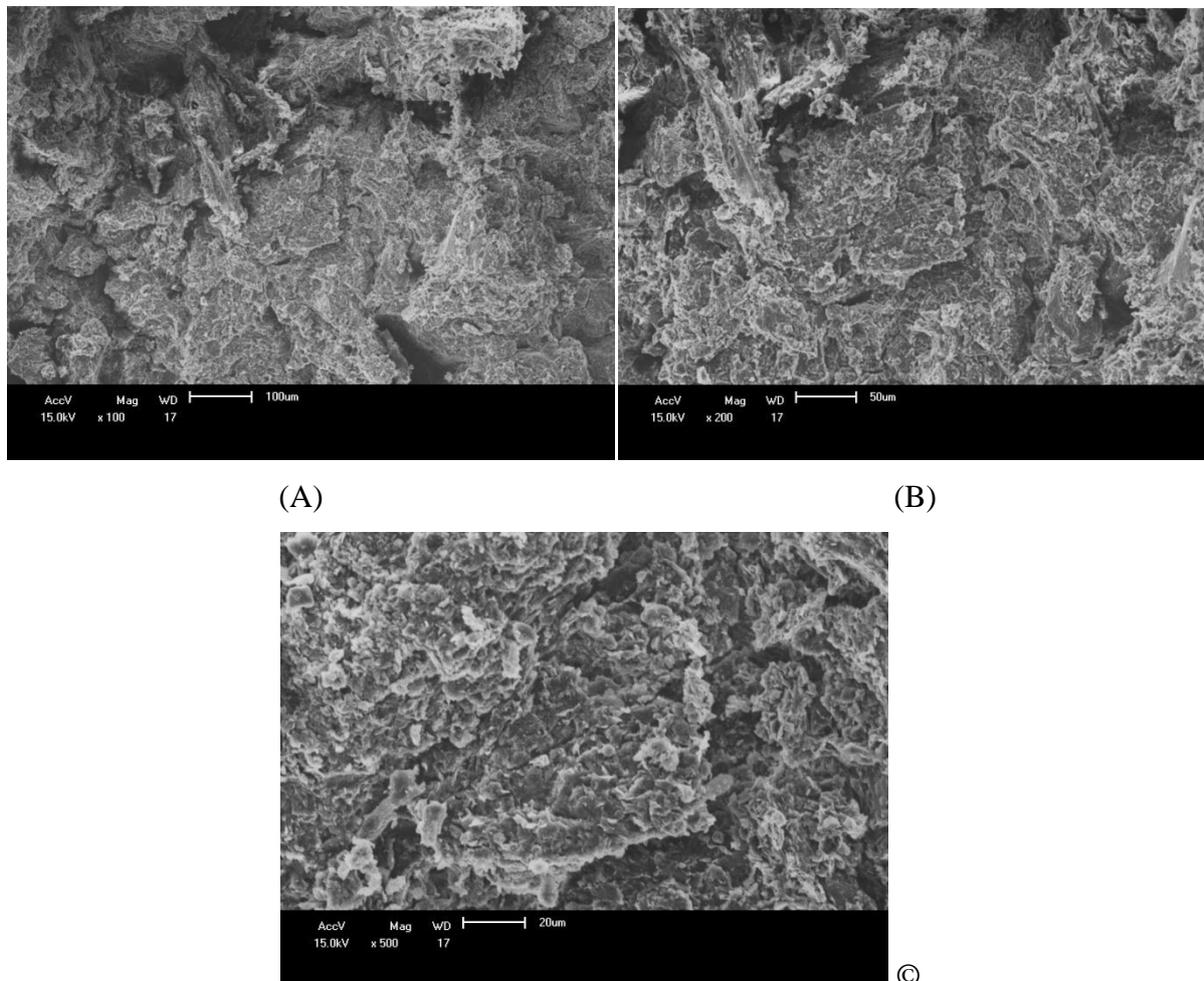


Figura 2 – Micrografia para corpos de prova de solo-cimento incorporados com 5% de cimento e resíduo de serraria, 5% (A), 10% (B) e 15% (C).

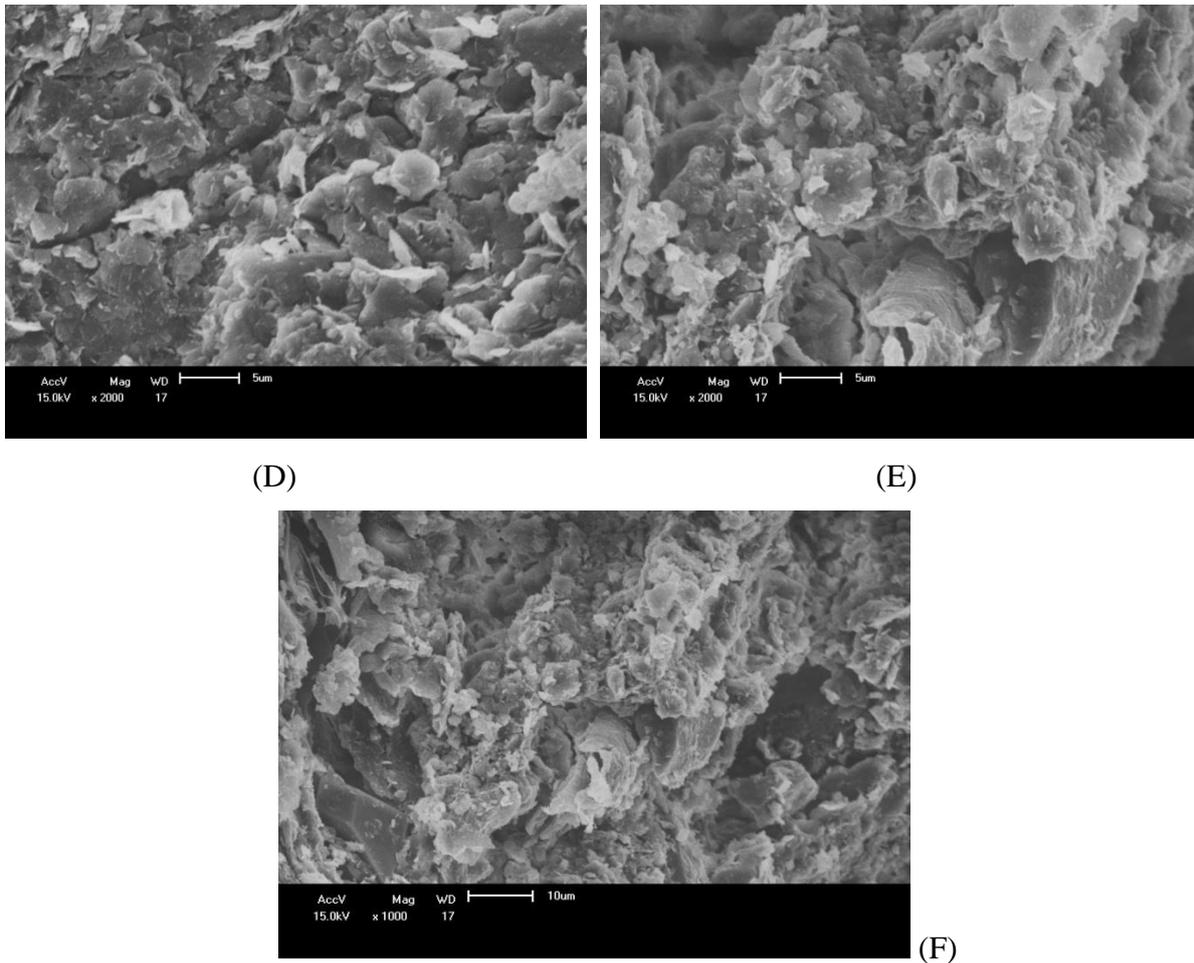


Figura 3 – Micrografia para corpos de prova de solo-cimento incorporados com 7,5% de cimento e resíduo de serraria, 5% (D), 10% (E) e 15% (F).

CONCLUSÕES

Os resultados das análises feitas com o solo utilizado para a moldagem não apresentam as melhores condições para a composição de solo-cimento, embora ainda apto ao estudo, os resultados poderiam ser mais satisfatórios com um solo mais adequado, isto é, que apresentasse um maior percentual da fração areia.

Percebe-se pela as análises das micrografias emitidas pelo MEV, que a superfície do material é heterogênea e desinforme, evidenciando assim a falta de interação entre os materiais usados, que pode ter gerado porosidade, onde se nota a presença de vazios na morfologia dos corpos ensaiados, resultando em um material poroso. O que sugere um aumento do percentual de cimento, de modo a preencher mais as cavidades vazias deixadas pelo resíduo vegetal, aumentando assim a resistividade do corpo de prova.

Por fim, se conclui que a alta porosidade do resíduo estudado (pó de serra), tem efeito direto na qualidade dos corpos de prova, resultando diretamente nos baixos valores da

resistência à compressão e absorção de água, não atendendo a faixa de valores normatizados, conforme a norma técnica NBR 8492 [11].

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro do PIBIC/CNPq-UFCG.

Agradecemos ao orientador Prof. Dr. Reginaldo Severo Macedo pela orientação. Agradecemos ainda a todos os voluntários envolvidos e ao Laboratório de Caracterização de Materiais e ao Laboratório de Tecnologias dos Materiais, ambos da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande.

REFERÊNCIAS

- [1] PINTO, T.P.; GONZALES, J.L.R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Manual de orientação 1. Como implantar um sistema de manejo e gestão dos resíduos da construção civil nos municípios. Parceria Técnica entre o Ministério das Cidades, Ministérios do Meio Ambiente e Caixa Econômica Federal. Brasília: CAIXA, 2005.
- [2] JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 113p. Tese – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>. Acessado em 12/11/2017.
- [3] FEBRABAN. **17º Café com Sustentabilidade**. 2010. Disponível em: <https://portal.febraban.org.br/>. Acessado em 12/11/2017.
- [4] SOUZA, M. I. B. Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de São Paulo. Ilha Solteira. - SP, 2006.
- [5] CORDEIRO, E. R., NOGUEIRA R. E. F. Q., NOGUEIRA NETO, J. A., ARAÚJO, F. S. M. Moldagem por injeção de pó residual proveniente da extração do granito Branco Savana. In: 13 XVI Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais CBECIMAT, Porto Alegre, RS, 2004.
- [6] IBQP - Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Paraná. **Análise da competitividade da cadeia produtiva da madeira no estado do Paraná**. Curitiba. 2002. 345 f. Relatório Final. IBQP.
- [7] ROSÁRIO, L. M. Briquetagem visando utilização de resíduos de uma serraria. **Monografia**. Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro, ES, 2011.
- [8] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e

propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos: **Projeto PNUD BRA 00/20**. Curitiba - PR, 2009.

[9] **ASTM, American Society for testing and materials**. ASTM C618. Standard specification for coal fly ash and raw or calcined natural pozzolan for use in concret. Philadelphia, 2006.

[10] CEPED (1984). **Manual de construção com solo-cimento**. Camaçari, BA. Convênio CEPED/BNH/ABCP, 147p.

[11] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 8492**. Tijolo maciço de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e absorção de água. Rio de Janeiro, 1984.