

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE POLÍMEROS NA POROSIDADE, PERMEABILIDADE E ABSORÇÃO DE COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS À BASE DE RESÍDUOS VEGETAIS, AREIA E PÓ DE PEDRA

Augusto C. Stancato (stancato@agr.unicamp.br; augustostancato@saae.sp.gov.br)

Antonio L. Beraldo (beraldo@agr.unicamp.br)

Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas

RESUMO: o fenômeno de transporte é uma das atividades mais críticas a que os compósitos cimentícios possam ser submetidos, constituindo-se em causa iminente da sua deterioração. A durabilidade dos compósitos está relacionada diretamente com suas características de porosidade e permeabilidade. Nesta pesquisa determinou-se a influência que a adição dos polímeros exerce nestas propriedades, através de metodologia para determinar a porosidade e permeabilidade por intrusão do gás nitrogênio e a absorção de água por capilaridade. Neste trabalho foram utilizados os resíduos provenientes das espécies: *Pinus caribaea*, *Eucalyptus grandis*, *Oriza sativa* (Casca de arroz) e *Agave sisalana* (sisal), cimento de alta resistência inicial (CPV-ARI), agregado miúdo (areia lavada), pó de pedra e os polímeros estireno-butadieno (SBR) e acetato versatato (PAV22). Com os resultados, comprovou-se uma diminuição da permeabilidade de todas as amostras. A ação dos polímeros produziu diminuição na porosidade dos compósitos de casca de arroz e sisal, porém, um aumento para os compósitos de *Eucalyptus grandis*. A absorção dos compósitos foi reduzida com o teor de adição dos polímeros, com exceção do compósito de *Eucalyptus grandis* com adição de SBR. O polímero PAV22 apresentou o melhor desempenho no geral, além de facilitar o processo de mistura por se apresentar na forma anidra.

Palavras chave: cimento Portland, polímero, resíduos vegetais, porosidade, permeabilidade.

INFLUENCE OF POLYMERS ADDITIONS ON POROSITY, PERMEABILITY AND ABSORPTION OF PORTLAND CEMENT COMPOSITES FROM VEGETABLES WASTES, SAND AND STONE POWDER

ABSTRACT: the capillary transport is one of the most critical activities that can submit the composites in critical situations causing imminent deterioration. Composite durability is strongly related to porosity and permeability characteristics. In this work it was determinate the addition polymers influence on these properties, by means a methodology to determinate porosity and permeability by nitrogen gas intrusion and capillary water absorption. Vegetable waste from *Pinus caribaea*, *Eucalyptus grandis*, *Oriza sativa* (rice husk) and *Agave sisalana* (sisal), cement type V (CPV-ARI), small aggregate (washed sand), stone powder and the polymers styrene-butadiene rubber (SBR) and acetate-vinyl versatato (PAV22) were employed in this work. Results showed a permeability reduction for all specimens. Polymers actions provoked a reduction on porosity of the *Oriza sativa* (rice husk) and *Agave sisalana* (sisal) composites, but an increase on porosity of the *Eucalyptus grandis* composites. Composites absorption was reduced with polymers ratios, except for the *Eucalyptus grandis* composite with SBR polymer addition. PAV22 polymer in a global analysis showed better performance, besides its workability in the mixture process because it is employed as a powder.

Keywords: Portland cement, polymer, vegetables wastes, porosity, permeability.

1. INTRODUÇÃO

No concreto, a existência dos poros na pasta de cimento pode ser devido a vários fatores, tais como, o processo de adensamento, ar incorporado, capilares e ao gel proveniente da reação de hidratação, podendo tais poros ser classificados em macroporos, poros capilares e microporos. A porosidade medida pela absorção da água corresponde à região dos poros capilares cujo raio médio encontra-se, aproximadamente, entre 0,01 μm -100 μm . Essa região compreende também uma parte dos vazios devido ao ar incorporado no momento da mistura. De acordo com DIAMOND (1999), estima-se que uma parcela significativa de poros grandes encontrados no concreto seja proveniente do mecanismo de hidratação. A estrutura dos poros do concreto é uma das suas características mais importantes e influencia fortemente suas propriedades de transporte. As propriedades de transporte estão intimamente relacionadas com a resistência do concreto aos vários problemas da durabilidade. Com relação à metodologia para a determinação da porosidade, de acordo com DIAMOND (2000), as medidas provenientes da intrusão de mercúrio são, em princípio, extremamente simples, embora necessitem que sejam considerados os efeitos de uma série de complicações experimentais. No procedimento usual, inicialmente uma pequena amostra é submetida à secagem com o objetivo de retirar todo o líquido existente nos poros. Em seguida, a mesma é pesada e transferida para uma câmara, onde é submetida ao vácuo, e a partir daí o mercúrio é introduzido através da amostra. O conjunto das etapas de pressão e dos volumes com intrusão de mercúrio fornece dados básicos para o cálculo da distribuição dos tamanhos dos poros. Contudo, esses dados não fornecem, por si só, informações a respeito da distribuição dos poros da amostra. A análise da porosidade obtida através do ensaio do porosímetro com intrusão do gás nitrogênio é utilizada para indicar o volume e a distribuição aproximada dos poros no interior de um material poroso (RILEM, 1984). A metodologia está baseada no estudo do escoamento de fluidos em meios porosos, sendo necessário inicialmente especificar os conceitos dos dois materiais envolvidos no problema: *fluidos* e *meios porosos*. Os escoamentos onde se desprezam os efeitos da viscosidade são denominados não-viscosos. Apesar de não haver fluidos sem viscosidade, em muitos casos a hipótese da inexistência das forças viscosas simplifica a análise e, ao mesmo tempo, leva a resultados práticos significativos. Os regimes de escoamentos viscosos são classificados em laminar ou turbulento. No regime laminar, a estrutura do escoamento é caracterizada pelo movimento suave em camadas. A teoria do escoamento laminar e lento através de um meio poroso homogêneo é baseada num experimento clássico originalmente desenvolvido por Darcy em 1856. Um filtro homogêneo de altura “ h ” é limitado por seções planas de mesma área superficial “ A ”. O filtro é preenchido com um líquido incompressível. Manômetros abertos são colocados para se medir a pressão nos pontos inferior e superior do filtro, fornecendo as alturas “ h_1 ” e “ h_2 ”, respectivamente. Pela variação das várias quantidades envolvidas, Darcy deduziu a seguinte relação (1):

$$Q = -KA \frac{(h_2 - h_1)}{h} \quad (1)$$

onde,

- Q : volume total de fluido que atravessa o filtro por unidade de tempo;
- K : constante que depende das propriedades do fluido e do meio poroso;
- A : área superficial da seção plana transversal do filtro;
- h : altura do filtro;
- h_1 : altura que indica a pressão inferior do filtro;
- h_2 : altura que indica a pressão superior do filtro.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os resíduos utilizados na composição dos compósitos são das espécies vegetais: *Eucalyptus grandis*, constituindo-se em resíduos industriais oriundos da fabricação de papel e fornecidos pela *International Paper*, Mogi Guaçu-SP; *Pinus caribaea* fornecidos pela Indústria *Faber Castell*, São Carlos-SP, oriundos da fabricação de lápis; *Oriza sativa* (casca de arroz), fornecidos pela beneficiadora localizada em Salto de Itu-SP, *Agave sisalana* (sisal) foram fornecidos pela fábrica de tapete da APAEB, localizada em Valente-BA. O cimento utilizado foi o cimento Portland de alta resistência inicial (CPV-ARI). Os agregados minerais utilizados foram a areia fina lavada proveniente da escavação do subsolo na região de Descalvado-SP e pó de pedra proveniente de uma pedreira da região de Paulínia-SP. Os Polímeros foram fornecidos pela Rhodia do Brasil: uma dispersão aquosa de copolímero estireno-butadieno (SBR) e um copolímero de acetato e versatato de vinila (PAV22). Como aditivo acelerador de pega foi utilizado o cloreto de cálcio anidro e a água utilizada foi a disponível pela rede pública local. A adição do polímero SBR nas misturas à base de cimento, de acordo com STANCATO *et al.* (2005), confere uma diminuição da porosidade, da permeabilidade e da absorção de água, contribuindo para o bom desempenho desses compósitos.

2.1 Tratamento químico dos resíduos vegetais

A finalidade dos tratamentos aplicados consistiu em minimizar a incompatibilidade existente entre o cimento e os resíduos vegetais, diminuindo a influência dos extrativos presentes nos resíduos durante o período de hidratação, a fim de conferir o melhor desempenho físico-mecânico aos compósitos. Baseados nos trabalhos disponíveis na literatura, como os compósitos com resíduos provenientes do *Pinus caribaea* e *Eucalyptus grandis* que, de acordo com BERALDO *et al.* (2002), apresentaram tensão de ruptura média em torno de 8,0 MPa, quando lavados em solução de cal, traço em massa 1:0,375:0,75 (cimento:resíduo:água) e aceleradores de pega. Com relação à casca de arroz, o melhor desempenho com relação aos resultados mecânicos foi obtido por ZUCCO (1999) com utilização do tratamento da casca lavada em solução de cal, através de sua imersão durante um período de 24 h. A composição do traço para a casca de arroz recomendada correspondeu a uma proporção de 1:0,36:0,50 (cimento:casca:água). O tratamento mais adequado para as fibras de sisal (*Agave sisalana*), de acordo com BERALDO e FREITAS (2003), consistiu na lavagem do resíduo em água fria através de imersão por 24 h. Os autores relataram o máximo teor de fibras na mistura na proporção 1:0,108:0,48 (cimento:sisal:água).

2.2 Procedimento para elaboração das misturas dos componentes

Os procedimentos de mistura dos componentes foram realizados conforme padronização prescrita pela normalização de argamassas de acordo com a norma NBR-13276, excetuando-se alguns procedimentos adaptados, decorrentes das características inerentes aos resíduos vegetais e também da mistura produzida com os outros componentes da mistura (cimento, polímero, areia lavada e pó de pedra). A homogeneização das misturas foi feita em argamassadeira mecânica, em duas etapas, ou seja, inicialmente sem adição de água e após com a adição da água. Na matriz modificada, os polímeros foram redispersos na água de amassamento antes da homogeneização final da mistura. As amostras foram moldadas em três camadas, com espessuras aproximadamente iguais, com aplicação de 20 (vinte) golpes cada. As amostras foram submetidas ao tratamento de cura úmida em uma câmara com 90% de umidade em média e, em seguida, foram desformadas no segundo dia, permanecendo na

câmara até completar 7 dias. Após esse período as amostras foram deixadas em ambiente de laboratório até os 28 dias.

2.3 Determinação da absorção de água por capilaridade

Os ensaios de absorção de água por capilaridade foram realizados no Laboratório de Materiais e Estruturas da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas. Os procedimentos dos ensaios estão baseados na metodologia em conformidade com CAMARINI *et al.* (1999) e através da norma NBR-9779. Após 28 dias da moldagem as amostras foram colocadas em estufa, a uma temperatura de 110 ± 5 °C, para secagem até constância de massa. As faces laterais das amostras foram impermeabilizadas com parafina, para evitar tanto a evaporação como a penetração de água. Os corpos-de-prova cilíndricos (5 cm x 10 cm) foram colocados parcialmente imersos, correspondendo a 1,0 cm de profundidade, em um recipiente com água e a nível constante (Figura 1). Em sala apropriadamente climatizada a 22 °C, o ensaio teve a duração de 24 h, com pesagens efetuadas seqüencialmente após decorridos: 5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 45 min, 1 h, 2 h, 3h, 4h, 6h e 24 h.

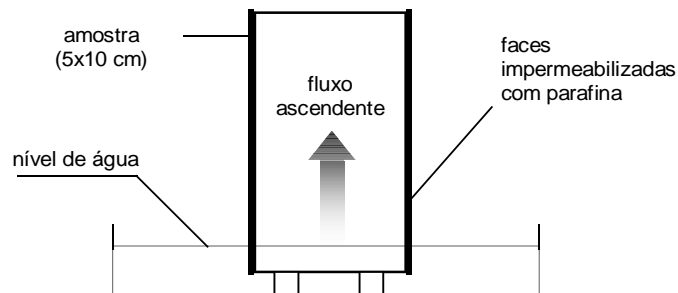


Figura 1 - Esquema simplificado de execução do ensaio de absorção de água por capilaridade.

2.6 Ensaios de permeabilidade e porosidade

Os ensaios para determinação da permeabilidade e de porosidade dos compósitos foram realizados no Laboratório de Escoamento de Meios Porosos da Faculdade de Engenharia Mecânica (Unicamp). Inicialmente, utilizou-se o equipamento denominado *permeabilímetro*, que consiste em um medidor de permeabilidade por intrusão do gás nitrogênio (N_2). As amostras cilíndricas foram confeccionadas nas dimensões de 2,5 cm de diâmetro por 5,0 cm de altura. Em função da variação do valor de c (manômetro de mercúrio) e de h_w (manômetro de água) definiu-se, para cada tipo de amostra, a placa de orifício, que consiste em um dispositivo de restrição ao fluxo do gás N_2 , fixando um valor de vazão. A leitura foi realizada quando o sistema atingiu o regime permanente. A partir do procedimento descrito determinou-se o valor do coeficiente de permeabilidade das amostras, de acordo com a *Lei de Darcy*, através da equação (2):

$$K = c \cdot Q \cdot h_w \cdot \frac{L}{200} \cdot A \quad (2)$$

onde,

K : coeficiente de permeabilidade (μ darcies);

- c : leitura na escala do manômetro de mercúrio após sua estabilização (mm);
 Q : valor de vazão pré-determinada em razão da variação das colunas (cm³/s);
 h_w : leitura na escala do manômetro da água após sua estabilização (mm);
 L : altura do corpo-de-prova cilíndrico (cm);
 A : área da seção transversal do corpo-de-prova cilíndrico (cm²).

Em seguida, utilizou-se o equipamento denominado *porosímetro*, que consiste em um medidor de porosidade por intrusão do gás nitrogênio (N_2). O corpo-de-prova de 2,5 cm x 5,0 cm também era apropriado ao porta-amostra (*câmara*). Determinou-se o volume da câmara vazia, através da expansão do gás N_2 e da respectiva leitura no relógio mostrador. Em seguida, a amostra foi colocada no interior da câmara para a determinação do volume de gás ocupado no cilindro, e assim, sucessivamente, para todas as amostras. Desse modo, o valor do índice de vazios das amostras foi determinado de acordo com a *Lei de Boyle*, através da equação (3):

$$I_v = 100 \cdot (V_t - V_s) / V_t \quad (3)$$

onde,

- I_v : índice de vazios do corpo-de-prova (porosidade em %);
 V_t : volume do corpo-de-prova cilíndrico (cm³);
 V_s : volume dos sólidos (VCV - leitura do gás ocupado no cilindro em cm³);
 VCV: volume da câmara vazia (cm³).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Absorção de água por capilaridade dos compósitos

A absorção de água por capilaridade é definida como sendo a massa de água por unidade de área que pode ser absorvida pelos capilares, quando a amostra se encontra em contato com a água. As curvas foram representadas em conformidade com a metodologia proposta por CAMARINI *et al* (1999). Conforme indicado na figuras a seguir, adotou-se, como ordenada, a variação da massa por unidade de área (kg/m²) e, como abscissa, a variação da raiz quadrada do tempo (\sqrt{h}).

A figura 2 apresenta a variação da absorção de água do compósito de *Eucalyptus grandis*. No gráfico (a), correspondente ao teor de SBR, observa-se que a adição do polímero não conferiu melhora em relação ao compósito sem adição de polímero. Ao contrário, ao se adicionar os teores de 3% a 9% de SBR ocorreu aumento da absorção do compósito, comprovando seu baixo desempenho em relação à capacidade impermeabilizante do polímero. No gráfico (b), correspondente à variação do teor de PAV22, verificou-se que, ao contrário da ação do SBR, este conferiu uma diminuição da absorção em relação ao compósito sem adição de polímero. Inicialmente, com a adição do teor de 3% de PAV22, houve uma diminuição significativa da absorção, atingindo-se o menor valor de absorção com os teores de 7% e 9%.

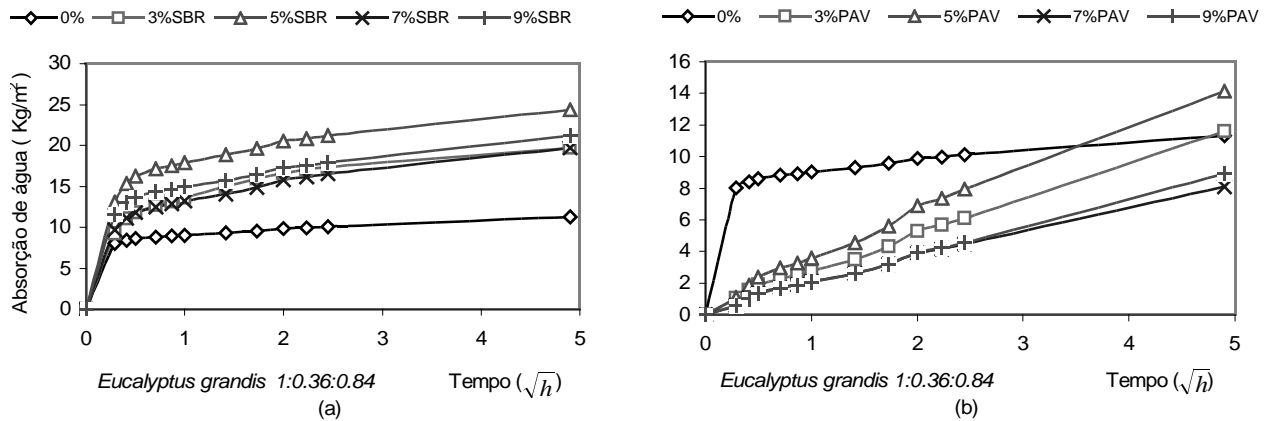


Figura 2 - Absorção de água por capilaridade do compósito *Eucalyptus grandis*.
 (a) variação do teor de SBR (b) variação do teor de PAV22

Na figura 3 está apresentada a variação da absorção de água do compósito de *Pinus caribaea*. No gráfico (a) verificou-se que com a adição de 3% de SBR ocorreu diminuição da absorção em relação ao compósito sem adição de polímero e, em continuidade, com a adição de 5% de SBR obteve-se o menor valor de absorção. Porém, a partir do teor de 7% de SBR ocorreu um aumento significativo da absorção, vindo a atingir seu maior valor com a adição de 9%, superando o valor do compósito sem adição de polímero. No gráfico (b) se observou que com a adição de PAV22 só houve melhora em relação ao compósito sem adição de polímero. Curiosamente, as curvas de absorção de água do compósito com adição de 3% a 9% de PAV22 apresentaram um comportamento similar. Através das curvas com a adição do teor de 7% de PAV22 obteve-se, ligeiramente, o menor valor para a absorção.

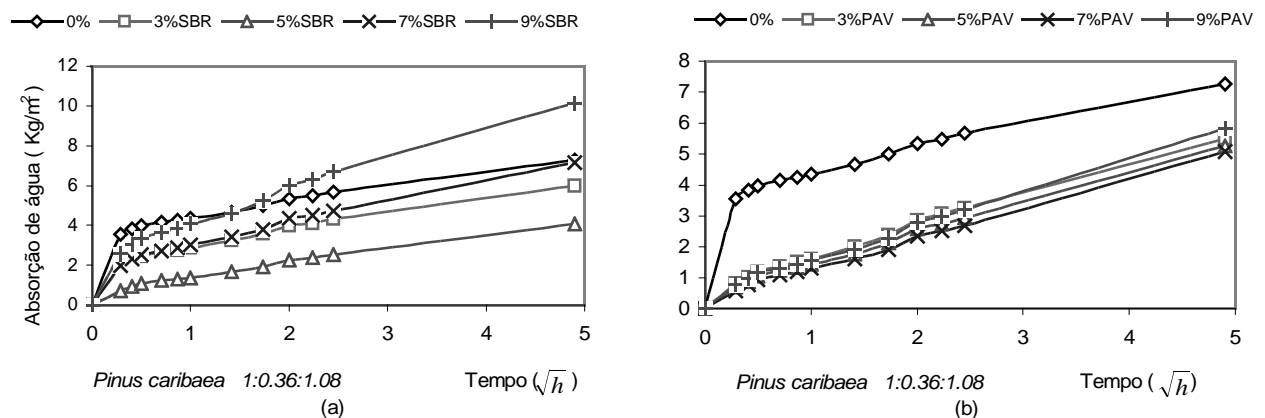


Figura 3 - Variação da absorção de água por capilaridade do compósito *Pinus caribaea*
 (a) variação do teor de SBR (b) variação do teor de PAV22

Na figura 4 está apresentada a variação da absorção de água do compósito *Oriza sativa* (casca de arroz). No gráfico (a) observou-se que a partir da adição de SBR ocorreu uma diminuição do valor da absorção de água em relação ao compósito sem adição de polímero atingindo seu menor valor, correspondente ao teor 7% de SBR. No gráfico (b) verificou-se que com a adição de PAV22 ocorreu uma diminuição do valor de absorção em relação ao compósito sem adição de polímero. Com a adição do teor de polímero variando de 3% a 9% de PAV22

obteve-se, praticamente, um comportamento similar. A adição de 3% de PAV22 correspondeu, ligeiramente, ao menor valor para a absorção.

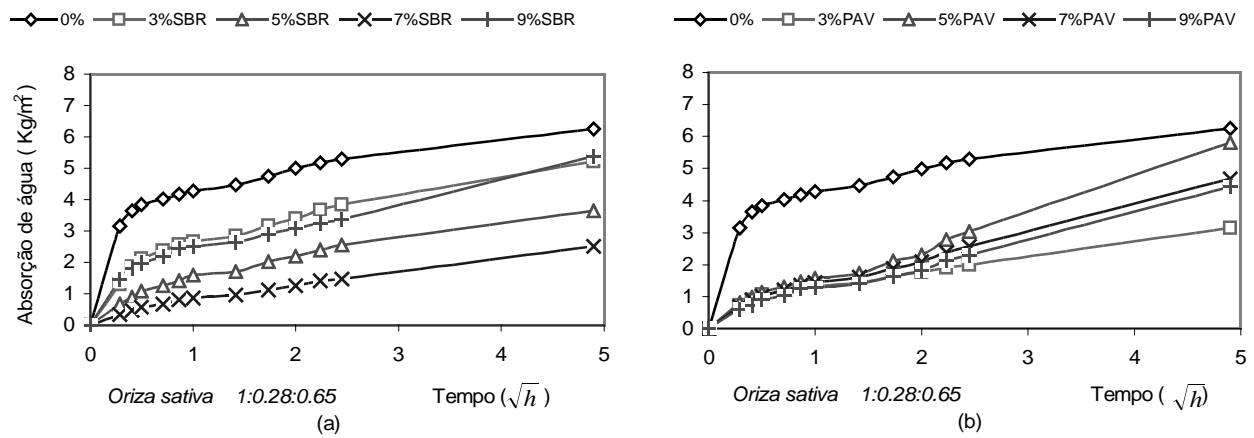


Figura 4 - Variação da absorção de água por capilaridade do composto *Oriza sativa* (casca)
 (a) variação do teor de SBR (b) variação do teor de PAV22

Na figura 5 está apresentada a variação da absorção de água do composto de *Agave sisalana* (sisal). No gráfico (a) verificou-se que com a adição de SBR ocorreu, ligeiramente, uma diminuição do valor de absorção quando comparado ao composto sem adição de polímero. Com a adição de 3% a 9% de SBR obteve-se um comportamento praticamente igual. Com a adição de 9% de SBR obteve-se o menor valor para a absorção. No gráfico (b) observou-se que com a adição de PAV22 ocorreu, também, uma ligeira diminuição do valor de absorção em comparação ao composto sem adição de polímero. Com a adição de 3% a 9% de PAV22 obteve-se um comportamento similar. A adição de 3% de PAV22 correspondeu ao menor valor para a absorção. A adição de 5% de PAV22 apresentou, ligeiramente, o maior valor de absorção, mesmo quando comparado ao composto sem adição de polímero.

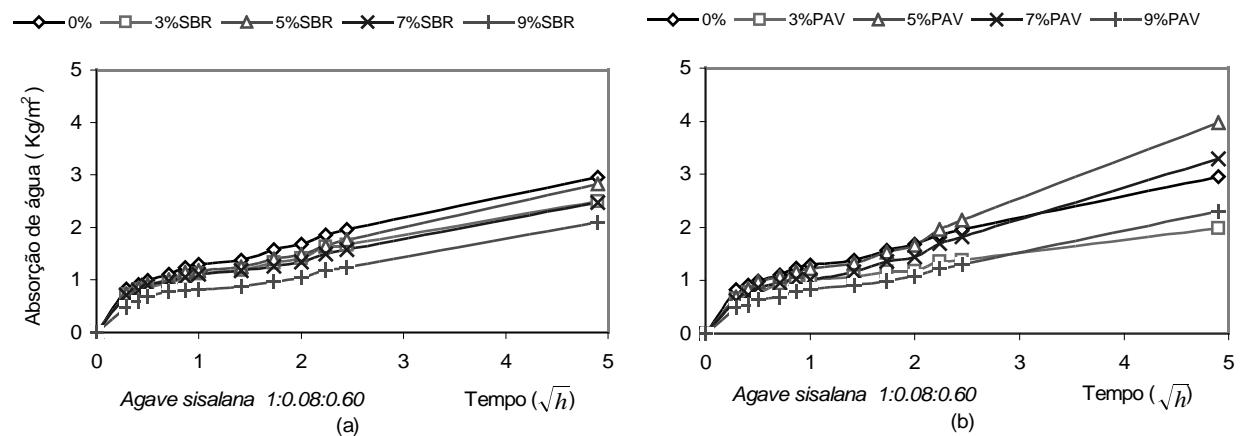


Figura 5 - Variação da absorção de água por capilaridade do composto *Agave Sisalana* (sisal)
 (a) variação do teor de SBR (b) variação do teor de PAV22

3.2 Porosidade e permeabilidade dos compósitos

Na figura 6 está representada a variação da porosidade e da permeabilidade do compósito de *Eucalyptus grandis*. No gráfico (a) verificou-se que houve aumento da porosidade com a adição de SBR e uma diminuição com a adição de PAV 22, com exceção da adição de 5% de PAV22, o menor valor correspondeu à adição de 7% de PAV 22. No gráfico (b) verificou-se um aumento da permeabilidade com a adição de SBR, com exceção da adição de 3% de SBR, e uma diminuição da permeabilidade com a adição de PAV 22, com o menor valor correspondendo à adição de 3% PAV22.

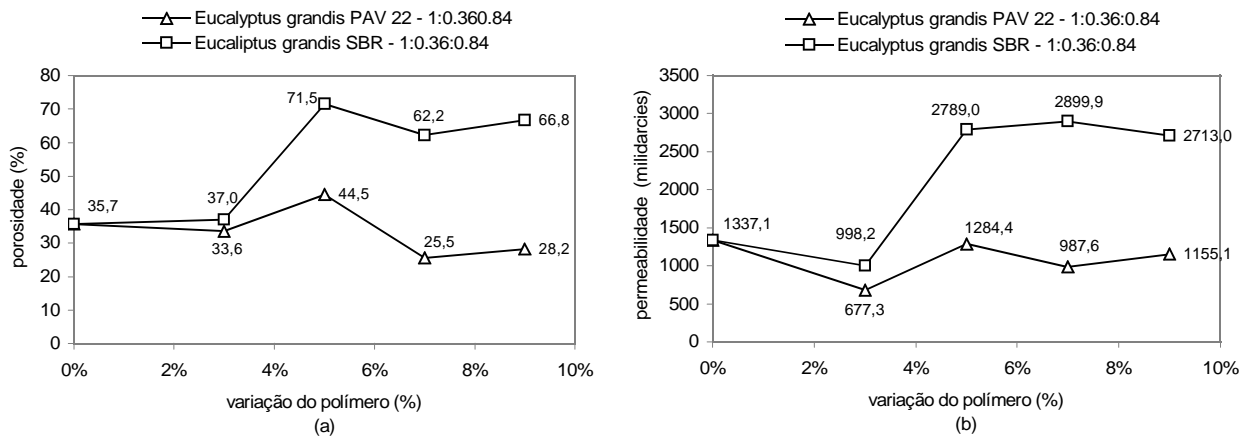


Figura 6 - Variação da porosidade e permeabilidade do compósito *Eucalyptus grandis*
 (a) variação da porosidade (b) variação da permeabilidade

Na figura 7 está representada a variação da porosidade e da permeabilidade do compósito de *Pinus caribaea*. No gráfico (a) observou-se uma diminuição da porosidade com a adição de SBR, com o menor valor correspondendo à adição de 5% de SBR, e uma diminuição da porosidade com a adição de PAV 22, exceto com a adição de 9%, o menor valor correspondeu a adição de 5% d SBR. No gráfico (b) verificou-se um aumento da permeabilidade com a adição de SBR, com exceção da adição de 5% que correspondeu ao menor valor de permeabilidade. Na adição do polímero PAV22 a permeabilidade aumentou com os teores de 3% e 7% e diminuiu com os teores de 5% e 9%.

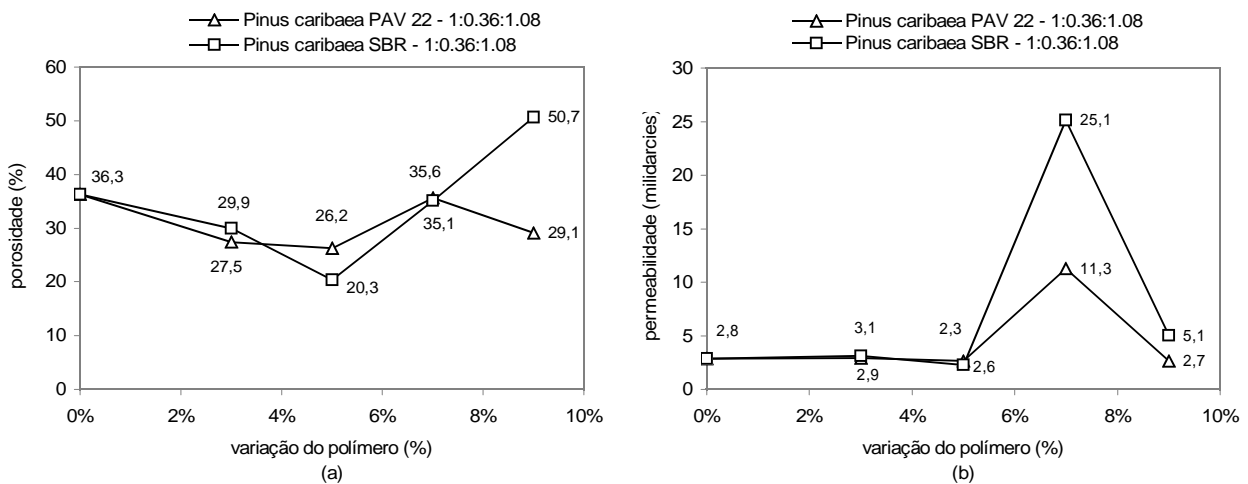


Figura 7 - Variação da porosidade e permeabilidade do compósito *Pinus caribaea*
 (a) variação da porosidade (b) variação da permeabilidade

Na Figura 8 está representada a variação da porosidade e da permeabilidade do compósito de *Oriza sativa* (casca de arroz). No gráfico (a) observou-se uma diminuição da porosidade com a adição de SBR, com menor valor correspondendo à adição de 7% de SBR. Com a adição de PAV22, inicialmente, houve uma diminuição da porosidade com a adição de 3% e 5% de PAV 22 e, em seguida, um aumento com as adições de 7% e 9%. No gráfico (b) observou-se uma diminuição da permeabilidade com a adição de SBR, com menor valor correspondendo à adição de 7% de SBR. Também, houve uma diminuição da porosidade com a adição de PAV 22, com menor valor correspondendo a 5% de PAV22.

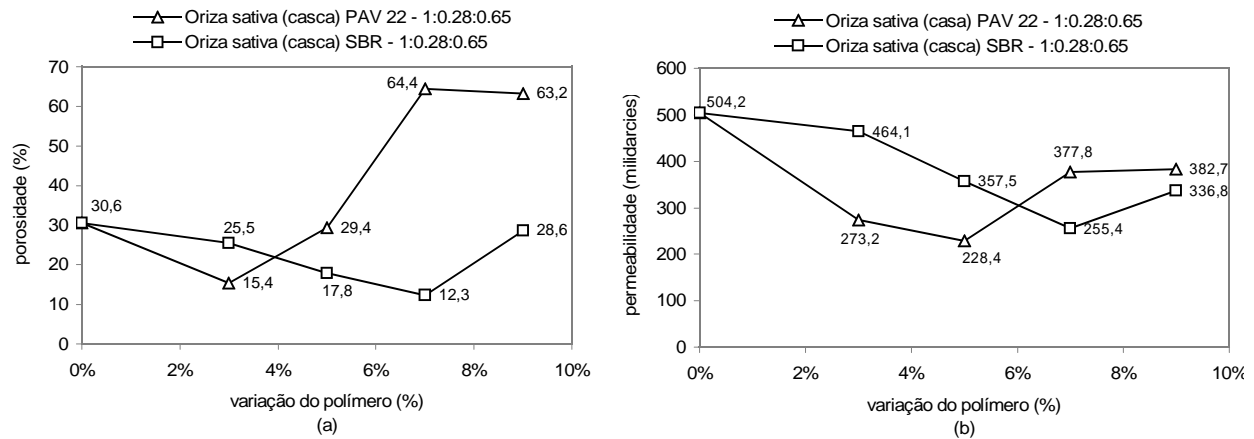


Figura 8 - Variação da porosidade e permeabilidade do compósito *Oriza sativa* (casca)
 (a) variação da porosidade (b) variação da permeabilidade

Na Figura 9 está representada a variação da porosidade e da permeabilidade do compósito de *Agave sisalana* (sisal). Observa-se inicialmente uma ligeira diminuição, seguida por um pequeno aumento da porosidade com a adição de SBR, com o menor valor correspondendo à adição de 3% de SBR. Na adição de PAV22 houve uma diminuição da porosidade com o menor valor correspondendo à adição de 9% de PAV22. Através da Figura 17 observa-se um aumento da porosidade com a adição de SBR, com exceção da adição de 5% de SBR, correspondendo ao menor valor encontrado. Na adição de PAV22 houve, inicialmente, uma ligeira diminuição seguida por um aumento da porosidade, o menor valor correspondeu a adição de 9%

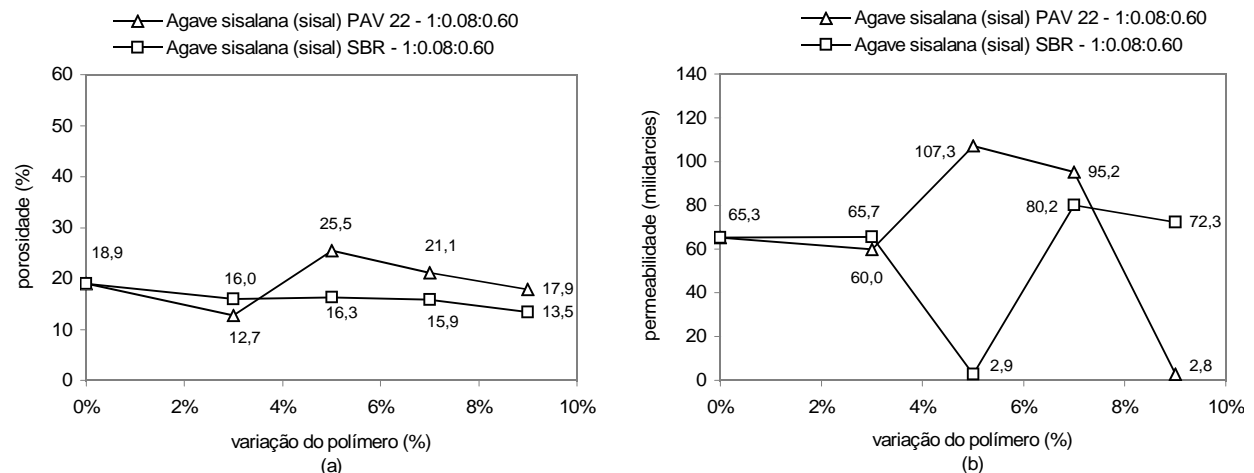


Figura 9 - Variação da porosidade e permeabilidade do compósito *Agave sisalana* (sisal)
 (a) variação da porosidade (b) variação da permeabilidade

4. CONCLUSÕES

A adição dos polímeros estireno-butadieno (*SBR*) e acetato-versatato (*PAV22*) apresentou influência positiva e contribuiu para o bom desempenho dos compósitos com resíduos vegetais. Através dos resultados obtidos comprovou-se uma diminuição da permeabilidade de todos os compósitos. A ação dos polímeros produziu diminuição da porosidade dos compósitos à base de *Pinus caribaea*, *Oriza sativa* (casca de arroz) e *Agave sisalana* (sisal), com exceção dos compósitos à base de *Eucalyptus grandis*. A absorção de água foi reduzida com a adição dos polímeros, excetuando-se o compósito à base de *Eucalyptus grandis* com adição de *SBR*. No geral, o polímero *PAV22* apresentou melhor desempenho e maior facilidade durante o processo de mistura, em razão de se apresentar na forma anidra (pó).

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Escoamento de Meios Porosos do Departamento de Engenharia de Petróleo da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) – UNICAMP.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERALDO, A.L.; VIEIRA, F.F. (2003). **Ensaio não destrutivo (END) aplicados à argamassa com adição de fibras de sisal**. In: Congresso Panamericano de ensaios não destrutivos - PANNDT, Rio de Janeiro, v.1, p. 1-8.
- BERALDO, A.L.; ZUCCO, L.L. (1999). **Influencia das granulometria de espécies vegetais na pega e no endurecimento de argamassas de cimento Portland**. In: V Brazilian Conference on Portland Cement (BCPC). Proc.: São Paulo, ABCP, vol. 1, p. 1-26 - 2-26.
- BERALDO, A.L.; ARRUDA, A.C. ; STANCATO, A.C. ; SAMPAIO, C.A.P. ; FERNANDES, O.P.; LEONEL, V.M. (2002). **Compósitos à base de resíduos vegetais e cimento portland**. In: VIII EBRAMEM, Uberlândia. v.1, p. 120-126.
- CAMARINI, G.; BALAYSSAC, J.P.; DETRICHÉ, CH. H. (1999). **Influence of cement type and curing conditions on initial absorption of concrete**, High-Performance Concrete, Proceedings Second CANMET/ACI International Conference, Gramado, RS, Brazil.
- CORE LABORATORIE Inc. **Operating instructions for the helium gas expansion**, Boyle's law porosimeter.
- DIAMOND, S. (2000). **Mercury porosimetry: An inappropriate method for the measurement of pore size distributions in cement-based materials**. Cement and Concrete Research, vol. 30, nº 11, pp. 1517-1525.
- DIAMOND, S. (1999). **Aspects of concrete porosity revisited**. Cement and Concrete Research. vol. 29, p. 1181–1188.
- NBR_13276. (1995). **Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação do teor de água para obtenção do índice de consistência padrão**. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – Método de Ensaio, 2p, Fev.
- RILEM - CPC 11. (1984). **Mater. Struct.** 17, 391.
- STANCATO, A.C.; BURKE, A.K.; BERALDO, A. L. (2005). **Mechanism of a vegetable waste composite with polymer-modified cement (VWCPM)**. Cement and Concrete Composites, vol. 27, p. 599-603.
- ZUCCO, L.L. (1999). **Estudo de viabilidade de fabricação de placas de compósito à base de cimento e casca de arroz**. Dissertação de Mestrado da Universidade Estadual de Campinas – FEAGRI, SP, 118p.