

Propriedades térmicas e físicas do bloco solo-cimento com material de mudança de Fase
(MMFs) e suas microestrutura.

Resumo

As três propriedades térmicas mais importantes neste estudo, são a condutividade térmica, difusividade térmica e o calor específico os quais, são fundamentais para determinar a quantidade de calor que provoca a mudança de fase do material. A aditiva parafina foi inserido na massa solo, cimento e água, e a massa foi prensada formando um bloco de solo-cimento com MMFs a parafina 120/125 tem ponto de fusão a temperatura de 52°C e a eicosana 34,5 °C, a temperaturas superiores aos parâmetros dessas parafinas há uma mudança de fase nas parafinas com as quebras das ligações químicas absorvendo calor. E, quando a temperatura torna deficitária as ligações são refeitas devolvendo o calor absorvido e deixando a temperatura aproximadamente constante, proporcionando assim conforto térmico. Essas propriedades são observadas quando o calor é adicionado ou removido do material, e se tornam importantes em qualquer projeto que precise funcionar em ambiente com temperatura controlada sem uso de energias. Nesta pesquisa foi usado um equipamento K2-pro e métodos transientes de troca de calor na determinação das propriedades térmicas do bloco solo-cimento, como: resistência térmica (R), condutividade térmica (K), difusividade térmica (D) e capacidade calorífica (C). Também foram determinada a porosidade e densidade e absorção de águas dos blocos. Neste trabalho foram feita uma descrição do comportamento de cinco blocos: bloco solo-cimento natural e blocos com parafinas eicosana e parafina 120F/125 com 3 e 5 % respectivamente.

Palavras-chave:

Transientes, propriedades térmicas, difusividade térmica, aditivos parafina eicosana e parafina 120/125.

INTRODUÇÃO

As características da atmosfera terrestre fazem dela uma espécie de filtro para a radiação proveniente do Sol, deixando passar apenas as ondas curtas e bloqueando a saída para o espaço da radiação infravermelha, ondas longas. Os principais elementos responsáveis pela ocorrência desse fenômeno que são vapor de água, metano, dióxido de carbono, ozônio, dióxido de nitrogênio, dão origem ao fenômeno natural conhecido como efeito estufa. Esse é um processo de vital importância aos seres vivos, pois sem o qual a temperatura média da Terra seria imprópria para a vida do modo como a conhecemos. Em virtude da ascensão industrial a partir do século XVIII, aumentou-se consideravelmente o uso de combustíveis fósseis, como o carvão mineral e os derivados de petróleo. O IPCC divulgou que no século XX houve um aumento na

temperatura média global no qual os cientistas ainda não sabem ao certo se esse incremento foi de ordem natural, devido à ação antrópica ou um conjunto de ambas.

O Sol é uma estrela que transforma a energia dos núcleos de hidrogênio em energia térmica através da reação de fusão nuclear. Essa energia percorre o espaço e atinge o topo da atmosfera terrestre com uma densidade de fluxo de aproximadamente 1400W.m^{-2} , sendo esse valor conhecido como constante solar. O espectro solar pode ser dividido em três principais regiões: o ultravioleta com comprimento de onda de 0,3 a 0,4 μm ; a radiação visível de 0,4 (luz azul) a 0,7 μm (luz vermelha); e o infravermelho de 0,7 até 3 μm (MONTEITH, 1973).

$$\lambda \cdot \nu = c$$

eq. 1

onde o comprimento de onda (λ) é dado em metros (m), a frequência da onda é dada em Hertz (s^{-1}) e a velocidade da onda eletromagnética (c) em m.s^{-1}

Condutibilidade térmica é uma propriedade de um material homogêneo que corresponde à quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma camada de espessura e de área unitárias desse material, por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces. Por isso, a um valor de coeficiente pequeno, corresponde uma boa capacidade de isolamento térmico dado que esta propriedade caracteriza a maior ou menor facilidade de transferência de calor dos materiais. A condutibilidade térmica é expressa no coeficiente de condutibilidade térmica, medido em $\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$ no sistema SI (FUTURENG, 2012).

A umidade, em conjunto com a temperatura, a radiação solar e o movimento do ar, é um dos elementos do clima exterior que exerce influência nas trocas térmicas entre o edifício e a alvenaria de vedação e o meio interno. Um maior conteúdo de umidade pressupõe uma maior taxa de evaporação, processo que permite converter a energia solar em calor latente, reduzindo a temperatura da alvenaria de vedação (Correa, 2001).

A inércia térmica pode ser definida como uma característica de um corpo que lhe permite resistir à mudança de estado e conseqüentemente às alterações de temperatura (Correa, 2001). Aplicada a um edifício, a inércia térmica é a capacidade de amortecer os extremos de temperatura interiores e exteriores, diminuindo as variações de temperatura interior. Este fator está diretamente dependente da massa térmica dos materiais, ou seja, da sua capacidade de acumulação de calor. Quanto maior a massa térmica de um material, maior a sua capacidade de acumulação de calor, o que lhe permite resistir mais facilmente às variações de temperatura.

A temperatura interna normal de um ser humano é de 36°C , sendo que, se for inferior a 28°C , este pode ter problemas cardíacos e de arritmia; acima de 46°C é possível que haja danos

cerebrais irreversíveis. Portanto, é fundamental a edificação proporcionar condições de conforto térmico, a fim de reduzir a necessidade de mecanismos termorreguladores do corpo humano (ASHRAE, 1997). O principal objetivo de uma edificação é de proteger os habitantes das intempéries, mas, além disso, deve também fornecer condições mínimas para que a estadia em seu interior seja confortável

O fluxo de calor pode ser definido como a taxa de transferência de calor através de um determinado material por unidade de área. A um baixo valor de fluxo de calor corresponde uma baixa transferência de calor através de uma determinada camada. O fluxo de calor pode variar com a temperatura, tipo e espessura do material e são compostos por três mecanismos de transferência de calor, condução, convecção e radiação.

O volume total de um amostra de solo pode ser dividido em volume de poros vazios ou (V_p) e de sólidos. Os poros podem estar ocupados por ar (V_a) ou água (V_w). Assim temos massa de partículas (M_s), massa de água (M_w) e massa de ar (M_a), a qual é desprezível, e a somatória é a massa total (M_t). A partir delas podemos estabelecer uma série de relações ou equações, para calcular importantes propriedades do solo assim como relação massa/volume das três fases do solo Brady, N.C (1999) e Weil, R.R; Kiehl, J. E.(1979).

A densidade do solo é expressa por $D_s = M_s/V_t$, com unidade de g/cm^3 ou Mg/m^3 . A D_s varia com a textura e estrutura, sendo bastante afetada pela compactação do solo. No entanto a densidade de partículas: $D_p = M_p/V_p$, com unidades similares à da D_s . A densidade de partículas não é afetada pelo manejo, mas depende da constituição mineralógica e matéria orgânica do solo. O valor médio é $2,65 Mg/cm^3$, mas solos com óxidos de ferro têm valores maiores. A densidade de partícula D_p é normalmente usada para calcular a porosidade total do solo Brady, N.C (1999) e weil, r.r; kiehl, j. E. (1979).

A porosidade total do solo é dada pela expressão $P_t = V_p/V_t$ ou, alternativamente, $P_t = [1:(D_s/D_p)]$. A unidade é m^3/m^3 ou, quando multiplicado por 100 %. Como o volume de poros é afetado pela compactação, a porosidade total (P_t) é também variável. O total de poros pode estar preenchido por água ou por ar. Solos argilosos são, normalmente, mais densos e, portanto, mais porosos que solos arenosos. Contudo, os solos arenosos têm maior quantidade de poros grandes (macroporos) brady, N.C (1999) e weil, r.r; kiehl, J. E. (1979). Massa (m) e volume (V). Umidade gravimétrica é $U_g = m_w/m_s$, com unidade kg/kg ou, quando multiplicado por 100 %. A umidade volumétrica: $U_v = V_w/V_t$, com unidade m^3/m^3 ou, quando multiplicado por 100 %. A U_v nunca pode ser superior à P_t pois ambos se equivalem quando o solo está

saturado com todos os poros preenchidos com água. Para facilitar o cálculo da U_v , podemos usar a fórmula $U_v = U_g \cdot D_s$ Embra solo (2006).

Outra forma de classificação dos poros leva em consideração sua forma: cilíndricos (a) e gargalo de garrafa (b). A rugosidade da superfície (c) também pode ser considerada como porosidade. A IUPAC recomenda uma classificação para as faixas de tamanho, considerando as propriedades de adsorção. Rouquerol et. al. 1994 Assim, têm-se: microporos (<2 nm); mesoporos (2-50 nm) e macroporos (> 50 nm). O limite de tamanho são, até certo ponto, artificiais, na medida em que resultam dos limites das técnicas de caracterização. todavia, tal classificação tem sido aceita e empregada dentro da perspectiva da aplicação destes materiais Sing, K. S. e Colloids Surf 200.

A força de capilaridade faz com que o líquido que molha o sólido flue para o interior dos poros menores, onde o líquido se concentra no contato entre as partículas e forma um menisco similar ao pescoço formado entre as partículas na sinterização no estado sólido, e exerce uma pressão compressiva no compacto. FERREIRA, 200z.

O desempenho térmico de coberturas planas, com a incorporação de PCMs, uma parafina denominada octadecano, em tijolos perfurados. Ele obteve durante o verão temperaturas máximas exteriores de 26,5°C, 32,0°C e 35,5°C, e as temperaturas máximas na parte inferior dos tijolos tratados com MMFs foram de 24,3°C, 29,8 °C e 31,7°C, respectivamente cerca de 2°C, 3,4°C e 4,9°C inferiores aos valores registrados com tijolos convencionais, Lai 1980.

Swet, Ghoneim et. al. utilizaram sulfato de sódio decahidrato (ponto de fusão 32°C) como material de mudança de fase numa parede de trombe. Eles também relataram que a parede com PCMs de menor espessura foi mais eficiente, em comparação com uma parede de alvenaria para o desempenho térmico e eficiente de armazenamento de energia térmica, Chandra et. al. também obteve resultados similar.

Castellón et. al. estudaram uma parede trombe e serem muito mais eficiente e rentável a utilização de placas de PCMs, em vez das tradicionais paredes maciças, uma vez que, a capacidade de armazenamento de calor de uma placa de gesso com 1,5 cm de espessura é comparável ao de uma parede de 9,0 cm de betão ou a 12,0 cm de parede de tijolo existindo assim uma excelente gestão da temperatura numa abordagem extremamente leve.

Um dos mecanismos de transferência de calor presente numa material é o mecanismo de condução. Este processo consiste na transferência de calor de uma zona onde a temperatura é mais elevada para uma zona que apresenta uma temperatura mais baixa. A lei empírica da

condução de calor é denominada por Lei de Fourier e estabelece que a taxa de calor por condução é proporcional à área normal à direção do fluxo e ao gradiente de temperatura na mesma direção.

Solos com baixa porosidade possuem um contato maior entre os grãos e possuem maior condutividade térmica. Solos com partículas angulares e planas podem alcançar maiores densidades através de vibração mecânica, tornando-se melhores condutores térmicos que solos com partículas esféricas. Por outro lado, solos de granulometria fina, silteoso e argilosos, formados por agregados de partículas, possuem películas d'água entre as partículas e não possuem, portanto, o contato direto entre os grãos do esqueleto sólido. Além disso, a estrutura formada através de agregações aumenta a proporção de macroporos em relação à de microporos, resultando assim numa densidade total do solo menor que a densidade dos agregados de partículas, o que reduz a capacidade destes solos de conduzir calor (Farouki, 1986).

A presença de água nos solos melhora os contatos entre as partículas por causa das pontes de água. Para solos saturados, um aumento de densidade seca resulta em um aumento na condutividade térmica do material, desde que a condutividade térmica da partícula sólida do solo seja maior do que a da água. Através da tabela podemos notar a condutividade térmica do solo e dos seus constituintes separado conforme, Hukseflux, 2005.

Tabela 1 – Condutividade Térmica de Solos (modificada de Hukseflux, 2005).

Material	Condutividade Térmica (W/m/K)
Solos em Geral	0,15 - 4,00
Solos Saturados	0,60 - 4,00
Areia Seca	0,15 - 0,20
Areia Úmida	0,25 - 2,00
Areia Saturada	2,00 - 4,00
Argila de Seca a Úmida	0,15 - 1,80
Argila Saturada	0,60 - 2,50
Solo Orgânico	0,15 - 2,00

Em todas as suas formas, a água tem efeitos importantes e complexos nas propriedades térmicas dos solos. Na natureza, geralmente, a água se movimenta dentro do solo na forma líquida ou de vapor. Em consequência da transferência de calor, o movimento da água provoca mudanças nas propriedades dos solos devido à variação em sua quantidade e forma em determinados locais. Segundo Farouki (1986), o fluxo acoplado de calor e umidade tem complexas interações com os efeitos da temperatura, uma vez que esta determina a distribuição das fases da água, seu movimento e o grau de sua interação com os minerais sólidos dos solos. A água pode estar presente no solo de forma livre ou presa através de combinações químicas nas superfícies das

partículas sólidas, forças de Van de Waals, ou presa nos contatos entre as partículas ou nos poros capilares.

A camada de água adsorvida na superfície das partículas de argila forma uma camada elétrica dupla, cujas propriedades como viscosidade e densidade, são diferentes das propriedades da água livre. O aumento da temperatura no solo aumenta a energia cinética das moléculas de água e causa dispersão (Farocuki, 1986). A variação do conteúdo de água no solo significa uma variação também na sua condutividade térmica, que afeta a distribuição da temperatura no mesmo. A interação entre a água e os minerais do solo depende de sua quantidade, das propriedades físico-químicas e área superficial dos minerais.

A observação e Inspeção por microscopia eletrônica de varredura de solos (Fig.1) mostram que os espaços dos poros formados pela agregação de partículas primárias a superfícies minerais tendem a ser angulares e de forma de fenda, raramente se assemelha a tubos cilíndricos. Essas observações e outras diferem do modelo "capilar cilíndrico" que levou para o desenvolvimento de novos modelos de capilaridade nos poros angulares e em forma de fenda (Tuller et al., 1999).

Capilaridade em poros angulares é diferente do comportamento em poros cilíndricos com área da secção transversal equivalente. Por exemplo, quando poros angulares são drenados, uma fração da fase de umedecimento (líquido) permanece nos cantos dos poros (Fig.1). Este aspecto "Dupla ocupação" de molhar e não molhar as fases (Morrow e Xie, 1998) não é possível em tubos cilíndricos, representa uma forma mais realista de configurações líquidos e mecanismos para se manter a continuidade hidráulica no meio poroso (Dullien et al., 1986).

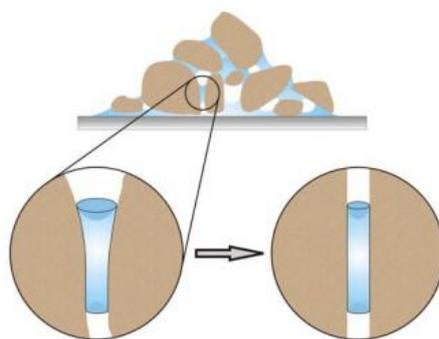


Figura 1 Poros de vários formatos e diâmetros em função do arranjo das partículas pode verificar a diferença de poros gargalo de garrafa e poros cilindros

O raio de curvatura da interface é igual ao raio de um círculo inscrito na secção transversal do poro (Tuller et al., 1999). Se um poro angular é drenado, o líquido é deslocado a partir da região central, deixando um pouco de líquido para trás em cantos do material. Conseqüentemente diminuição do potencial químico resulta em incrementam entre quantidades decrescentes de

líquido nos cantos. Para completar, é preciso também considerar o papel dos filmes líquidos devido à adsorção superfícies sólidas Tuller et al. (1999) e Nitao e Bear (1996).

MATERIAIS E METODOS

Quando o anel é cravado no solo o excesso de solo (ao centro) é removido cuidadosamente para que o volume do anel (V_c) corresponda exatamente ao volume de total da amostra de solo (V_t). A massa do anel ou cilindro (M_c), do solo úmido (M_u) e seco (M_s), bem como o volume do anel (V_c) que será igual ao da amostra de solo (V_t). Por diferença, calculamos a massa de água ($M_w = M_u - M_s$). E aí é só usar as fórmulas acima, para obtermos os valores de D_s e P_t Brady, N.C (1999). E weil, r.r; kiehl, j. E. (1979).

O solo coletado foi esponta ao ar para a secagem por 7 dias. Foi coletada cinco amostras de cada parcela de aproximadamente 4kg de solo para determinação da densidade de partícula, densidade e umidade. A densidade de partículas ou densidade real foi determinada pelo método do picnometro com águas (STENGEL,1983), determinando-se o volume de água deslocado pela fase sólida de uma amostra de solo de massa conhecida, num picnômetro de volume conhecido.

E então densidade de partículas (ρ_p), foi determinada: utilizando-se a seguinte equação:

$$\rho_p = (m_1 - m_0) / [(m_3 - m_0) \cdot (m_2 - m_1)] \quad \text{eq. (2)}$$

ρ_p : densidade de partícula g/cm^3 ;

m_0 : Massa do picnometro seco e vazio em g;

m_1 : massa do picnometro com solo seco em estufa a 105°C ;

m_2 : Massa do picnometro com solo e águas destilada, ate a marca estabelecida e após 24h no dessecador com pressão negativa a menos 2atm;

m_3 : Massa do picnometro com águas destilada ate a marca estabelecida

POROSIDADE TOTAL DO SOLO

Todos os cálculos de índice de vazios ou porosidade foram realizados com cinco repetições para cada intervalo de profundidade. Com calculo indireto utilizando a densidade de partícula e densidade do solo com descrito anteriormente. O índice de vazio total será calculado por:

$$P_t = 1 - (\rho_p / \rho) \quad \text{eq.(3)}$$

em que:

P_t porosidade total em %;

ρ é a densidade do aparente; g cm^{-3} ;

ρ_p é a densidade real, g cm^{-3} .

ABSORÇÃO DE ÁGUA DO BLOCO SOLO-CIMENTO

Devido a sua importância para alguns produtos cerâmicos, a porosidade é representada através de determinados parâmetros. Absorção de água: quando em contato com líquidos, a estrutura tende a absorvê-los devido a forças de capilaridade. A absorção de água é definida como o ganho percentual de massa que tem a amostra, quando absorve o máximo de água. Sua determinação é feita medindo-se o peso da amostra seca e em seguida mergulhando-a em água por certo tempo. Neste período, a água inunda os poros abertos. A amostra é suspensa e a água que escorre em sua superfície é seca por pano úmido. Supõe-se que toda a água nos poros abertos permanece lá. A porosidade total; podem calculadas pela formula;

UMIDADE DO BLOCO SOLO-CIMENTO

O vapor de água sobe para a atmosfera e se acumula em forma de nuvens, mas uma parte passa a compor o ar que circula na atmosfera. Quando certo material é exposto a umidade, ele perde ou ganha água para ajustar sua própria umidade a uma condição de equilíbrio com o ambiente. Isso ocorre quando a pressão de vapor da superfície do material se iguala a pressão de vapor de água do ar que o envolve.

O peso da amostra com água absorvida é determinado. A absorção de água é calculada através da equação.

$$AA = \frac{P_u - P_a}{P_a} \cdot 100$$

2

Onde PA é o peso da amostra seca e PU é o peso da amostra úmida, com água absorvida.

Todo material sólido, apresenta algum grau de porosidade, detectável ou não, resultante da existência de cavidades, canais ou interstícios. A porosidade de um material exerce influência sobre suas propriedades físicas, tais como densidade, condutividade térmica e resistência mecânica. Como consequência, o controle da estrutura porosa é de grande importância, por ex., no design de catalisadores, adsorventes industriais, membranas e cerâmicas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A força de adesão é a atração entre as moléculas diferentes, ou seja, a afinidade das moléculas do líquido com as moléculas do tubo sólido. Atua no sentido de o líquido molhar o sólido. A força de coesão é a atração intermolecular entre moléculas semelhantes, ou seja, a afinidade entre as moléculas do líquido. Atua no sentido de manter o líquido em sua forma original.

Uma diferença de pressão faz em toda a interface curva, em que a pressão no lado côncavo da interface é maior por um valor que é dependente do raio de curvatura e da tensão superficial do líquido. Para uma interface de gás-líquido hemisférico tendo raio de curvatura R, a diferença de pressão é dada pela equação de Young-Laplace: Se a força de adesão for superior à de coesão, o líquido vai interagir favoravelmente com o sólido, molhando-o, e formando um menisco. Se a superfície sólida for um tubo de raio pequeno, como um capilar de vidro, a afinidade com o sólido é tão grande que líquido sobe pelo capilar. A tendência do líquido de subir pelo capilar resulta da diferença de pressão gerada pela interface curva entre a fase líquida e a fase gasosa. Essa diferença de pressão pode ser calculada através da Equação de Young-Laplace A tensão superficial está relacionada com a diferença de pressão entre os dois lados de uma interface pela equação de Young-Laplace:

Os blocos foram colocados em uma umidade relativa do ar em torno de 65% a 70% e mantido submerso por um período de 24 horas, durante esse período foi observado que para os blocos naturais a taxa de absorção de águas foi de 9,84%, enquanto para o bloco com adição de 3% parafina 120/125F apresentou valores em torno de 10,08% de absorção de águas. E o bloco com adição de 5% de parafina 120/125F foi de 10,08% de absorção de águas. Segundos o ensaio com a parafina eicosana teve uma ligeira diminuição nas taxas de absorção de águas em relação o bloco natural e ao bloco com parafina 120/125F. Sendo de 9,81% para a adição de 3% e de 8,9 % para a adição de parafina eicosana 5%, esta diminuição esta em função da parafina eicosana possuir na sua constituição uma porcentagem de 3% de óleo, justificando que o óleo funcionou com impermeabilizante parcial da água.

Material	Bloco solo cimento + aditivo	Absorção de águas
Bloco referências	Bloco solo cimento natural	9,843291
Parafina 120/125F MMFs	Bloco solo- cimento + 3% MMFs	10,0815
Parafina 120/125F MMFs	Bloco solo- cimento + 5% MMFs	9,218132
Parafina eicosana MMFs	Bloco solo- cimento + 5% MMFs 3%	9,847785
Parafina eicosana MMFs	Bloco solo- cimento + 5% MMFs 5%	8,917497

Tabela 2- A absorção de águas a umidade relativa do ar em torno de 70%

A umidade relativa é de grande importância meteorológica e agrônômica, pois determina entre outros fatores a taxa de evaporação da água. Assim, para o homem, considera-se que a faixa de umidade relativa de 40 a 70% proporciona conforto máximo. Acima de 70%, a umidade relativa é alta, o que se reflete na dificuldade de a água evaporar.

A umidade presente no ar decorre do processo de evaporação da água. Certos materiais, quando expostos à umidade, têm grande facilidade de absorverem ou eliminarem água, entrando em

equilíbrio com o ambiente, enquanto em outros materiais esse efeito é praticamente nulo. A esse fenômeno, dá-se o nome de Efeito Higroscópico. Tal processo ocorre quando a pressão do vapor da superfície do material se iguala à pressão de vapor d'água do ar que o envolve.

A fluorescência de raios X apresentada as porcentagens dos um teor de 70,137 % SiO₂, 29,039% em maiores quantidades e outros constituintes. A partir dos resultados da análise granulométrica e de limites de consistência do solo, e de AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), a citados na literatura [18] este foi classificado como solo argiloso e com provável presença de argilominerais tais como: caulinita (Al₂O₃. 2SiO₂.2H₂O) e illita

Tabela 2 Solo com incremento de 10 % de areia de outra jazida

Componente	Porcentagem presente no solo
Óxido presente	Amostra 3
SiO ₂	70,137 %
Al ₂ O ₃	23,651 %
K ₂ O	2,735 %
Fe ₂ O ₃	2,156 %
SO ₃	0,814 %
TiO ₂	0,366 %
Sm ₂ O ₃	0,068 %
La ₂ O ₃	0,063 %

Tabela 2 Composição química do solo com incremento de 10% de areia de outra jazida

Esses elementos químico da tabela 2 entraram na composição do bloco solo cimento mais adição de MMFs. Ao usar uma quantidade conhecida de material, um bloco de solo-cimento com incremento de PCM, grandezas físicas como a sua condutância térmica e sua propriedade recíproca, à resistência térmica, as quais foram determinadas a partir da geometria do objeto e da condutividade ou resistividade média dos diversos constituintes do bloco solo-cimento.

A composição química dos componentes do bloco solo-cimento pensada. A tabela 2 apresenta os valores obtidos (óxido presente) da análise de fluorescências de raios- X para.

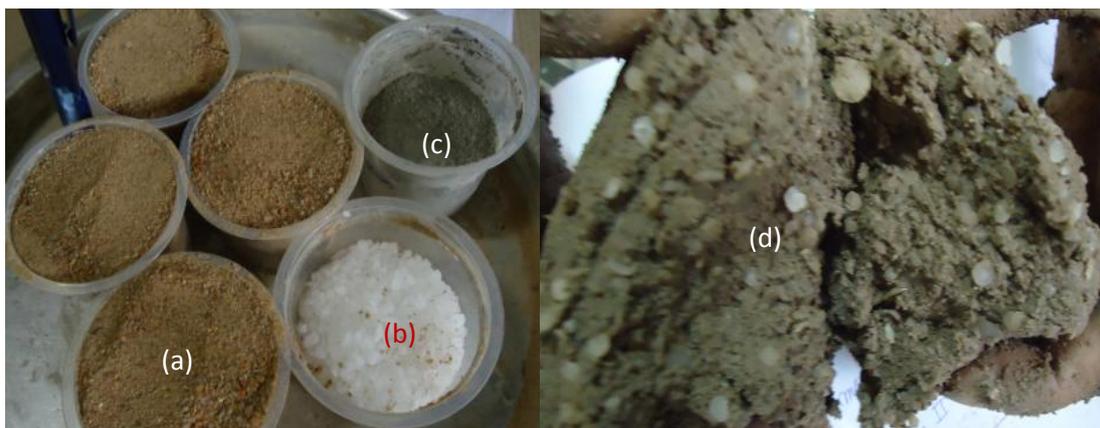


Figura 2 – (a) solo (b) aditivo (c) cimento (d) de massa pronta para prensagem do bloco solo cimento ((a))

Os poros fechados são inativos quanto ao fluxo de líquidos e gases, mas exerce influência sobre as propriedades mecânicas, a densidade e do material. Particularmente a densidade do material a figura mostra. Os processos de mosqueado (figura 2ª) e os MMFs (figura 2b) e os poros abertos onde podem ocorrer as trocas gasosas e uma possível saída do aditivo quando a temperatura se excede o ponto de tabularidade dos MMFs.

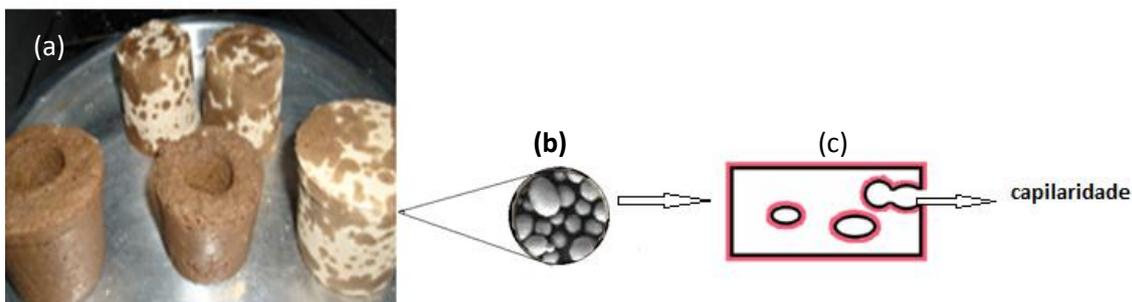


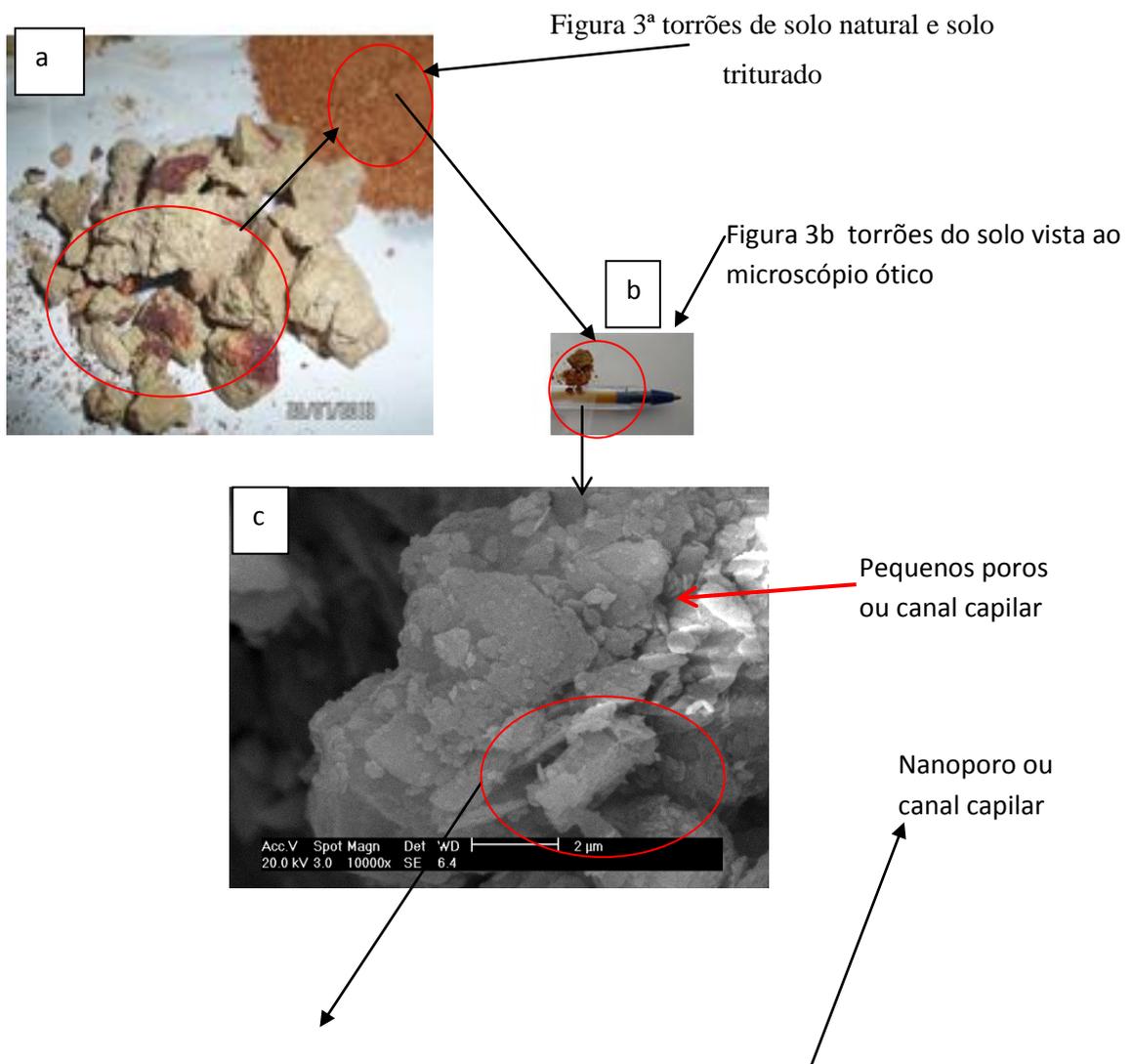
Figura 3 – (a) corpo de prova submetido à temperatura superior ao ponto de fusão 100 °C; (b) aditivo preso na estrutura do solo (c) formas de poro aberto fechado.

No ensaio térmico do corpo de prova verificou-se a mosqueado (figura 2ª) do aditivo quando submetido à temperatura acima do ponto de fusão por um período de 2 horas ocorreu uma movimentação do aditivo pelo corpo de prova. Neste processo podem a saída só acontece nos poros abertos e temperatura superior ao ponto de fusão. A condutividade térmica só é possível em função de a argila presente ser um condutor térmico. Pois mesmo com os poros abertos mesmo o poroso aberto o calor chega até os aditivos no interior do bloco em função das argilas. O volume total da amostra é representado pelo contorno da amostra. O volume da porosidade é a soma dos volumes de poros abertos e fechados.

A geometria complexa do espaço poroso do bloco solo-cimento cria inúmeras combinações de interfaces, capilares, e as cunhas em que a água é retida o que resulta em uma variedade de água

livres e águas ligadas aos interstícios do bloco. Devido a limitações práticas de métodos de medição presentes, não é feita qualquer distinção entre os diversos mecanismos que afetam a água em matrizes porosas. Os passos conceituais primárias feitas em tais modelos são ilustrados na Fig.4. A representação dos poros capilares cilíndricos equivalentes é grande o que simplifica a modelagem do espaço poroso do material e depende fortemente do formato do capilar da água subir. As forças exercidas entre as moléculas são denominadas forças de Van der Waals. Do exposto depreende-se que as forças de Van der Waals variam em função da distância que separa as partículas da maneira representada no gráfico ao lado.

Na água, como nos demais líquidos, há duas forças em ação. Uma faz com que as moléculas se atraiam umas às outras (força coesiva) e a outra provoca a atração entre as moléculas do líquido e as dos poros tortuoso ou reto (força de adesão). A força de adesão puxa algumas moléculas para a parede do poro e elas ficam pregadas. Como uma atrai a outra, mais moléculas vão subindo, até formar uma pequena coluna de líquido no interior do microporo.



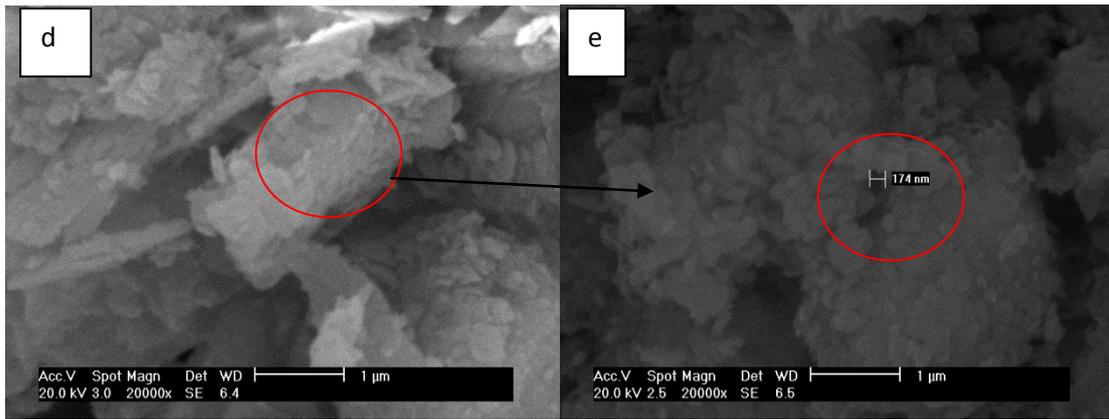


Figura 3d A micrografia mostra microporos e figura- 4e nanoporos ou microcanais.

O bloco solo-cimento, segundo também, possui espaços porosos de diversas formas e tamanho de acordo com as características do solo e aditivo que forma o bloco.

A tabela 2 - Análise térmica do bloco solo-cimento obtida pelo equipamento analisador de propriedades térmicas K2-PRO, com o objetivo de verificar se os aditivos MMFs têm influências nas propriedades térmicas do bloco solo-cimento. Neste trabalho foram considerados os coeficientes de transferência térmica fornecidos pelo equipamento, para os blocos solo-cimento.

Com adição de elementos inertes como os MMFs utilizados, a finalidade é o desempenho térmico do produto final. A resistência mecânica foi reduzida, quando comparada com o solo natural e o solo corrigido com 10% de areia em média, de 4,88 MPa. Entretanto os blocos obtidos de solo-cimento com MMFs mostraram valores de resistência mecânica superiores as normas recomendadas de 2MPa.

Tabela 4 análise térmica dos blocos solo-cimento com solo natural, com aditivo MMFs.

Parâmetros físicos	Corpo	Parafina	Parafina	Parafina	Parafina
	prova	Eicosana	Eicosana	120/125F	120/125F
Sonda-SH-1	Referencia	3%	5%	3%	5%
Temperatura - T (°C)	28,21	27,97	28,63	30,99	30,16
Resistência térmica - R (°C.cm/W)	77,96	81,93	87,14	77,87	100,45
Condutividade térmica-K (W/m.k)	1,28	1,22	1,15	1,28	0,996
Difusividade térmica- D (mm²/s)	0,95	0,84	0,619	0,748	0,544
Capacidade calorífica- C (MJ/m³. k)	1,35	1,45	1,86	1,72	1,84
Capacidade calorífica- C kcal	322,44	346,33	444,25	410,81	441,86

A condutividade térmica é a taxa de fluxo de calor que se propaga através do material as influências dos MMFs na menor vibração da rede dos componentes do bloco solo-cimento com adição de 5% e de parafina 120/125F e parafina eicosana foi observada com adição de MMFs melhora as propriedades térmicas, A quais conferem aos blocos solos-cimento com MMFs a capacidade de impedir que o calor seja transmitido através do bloco totalmente, mantendo a rede vibrando por um período e consumindo as energias em excesso. A quantidade de energia presente (capacidade calorífica) a natureza dos transportadores de calor (elétrons ou fônons) e as quantidade de dissipação (livre caminho médio).

Matematicamente, a condutividade térmica relaciona a quantidade de calor ΔQ transmitida por um intervalo de tempo Δt (a potência térmica) através de material de comprimento X , na direção normal à seção reta de área A , com a diferença de temperaturas ΔT imposta às extremidades longitudinais. Assume-se o sistema em regime estacionário, e que não há fontes de calor laterais além da atrelada à manutenção da citada diferença de temperaturas entre as extremidades matematicamente.

$$k \cdot \Delta T = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \cdot \frac{X}{A} \quad \text{eq.3}$$

De onde se conclui que a condutividade térmica k do material do qual a bloco é feito pode ser experimentalmente determinada pela relação:

$$k = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \cdot \frac{X}{A \cdot \Delta T} \quad \text{eq.4}$$

onde os termos à direita são grandezas experimentalmente mensuráveis.

Tabela-2 com adição de 3% de parafina eicosana à massa solo-cimento e prensadas para a conformação do bloco com aditivo (MMFs) quando comparada com a amostra de referencias Os resultados da resistência térmica foram maiores, no entanto a condutividade e a difusividade foram reduzidas e capacidade de armazenamento de calor latente foi aumentada.

A condutividade térmica k quantifica a habilidade dos materiais de conduzir energia térmica é uma característica específica de cada material no bloco solo-cimento contém vários elementos conforme tabela (análise química). Quando campanado os resultados das propriedades térmicas com a dosagem de 5% do MMFs com 3% obtivemos as propriedades térmicas melhoradas isto mostra que o aditivo adicionado ao bloco quando aumentado sua dosagem melhora a propriedade térmica, no entanto diminui sua propriedade mecânica, A faixa de trabalho de mudança de fase para a parafina eicosano e de aproximadamente 34,6 °C e para a parafina 120/125 cujo seu ponto de fusão e de 51° C, também melhorou as propriedades térmicas, mas ficando abaixo da parafina eicosno, isso se deve ao numero de carbono menor cadeia carbônica

menor quantidade de energias para as quebras de ligação química com menores quantidades de energia.

CONCLUSÕES

No presente as habitações são excessivamente dependentes do fornecimento de energias provenientes de fontes não renováveis. Diante desta realidade, a pesquisa mostrou-se a necessidade de adotar um novo conceito em habitação, autossuficientes, nos quais toda a energia que necessitam é gerada pelo próprio edifício através de fontes renováveis. O futuro das habitações energeticamente eficiente passa pela adoção do princípio dos edifícios de energia zero, nos quais os PCM farão parte integrante, tanto como sistemas passivos como ativos.

Bibliografia

Swet, C.J., Phase change storage in passive solar architecture. Proceedings of 5th National Passive Solar Conference. Amherst, Newark, Delaware (U.S.A.), 1980.

Chandra S. , et al., Thermal performance of a non A/C building with PCM thermal storage wall. Energy Conversion and Management. 1985: 25(1): 15-20.

Knowler, T., Proportioning composites for efficient-TSWs. Solar Energy 1983: 31(3):

Lai C., C.C., How Phase Change Materials Affect Thermal Performance: Hollow Bricks. Building Research e Information, 34:2, (2006) 118-130.

Castellón, C., Use of Microencapsulated Phase Change Material in buildings. 2008, Universitat de Lleida: Lleida (Spain).

Rouquerol, J.; Avnir, D.; Fairbridge, C. W.; Everett, D. H.; Haynes, J. H.; Pernicone, N.; Ramsay, J. D. F.; Sing, K. S. W.; Unger, K. K.; Pure Appl. Chem. 1994, 66, 1739. [Links

FERREIRA, Odair Pastor et al. Ecomateriais: desenvolvimento e aplicação de materiais porosos funcionais para proteção ambiental. Quím. Nova [online]. 2007, vol.30, n.2, pp. 464-467. ISSN 0100-4042. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000200039>- acessado 20/03/2014

Referências D.W. RICHERSON, Modern Ceramic Engineering. Properties, Processing and Use in Design. Segunda Edição. Editora Marcel Dekker. 1992

Morrow, NR, e X. Xie, da energia de superfície e embebição em poros triangulares, 1998. In: M.Th. van Genuchten, FJ Leij, L. e Wu (ed.), Proc. Int. Workshop sobre a haracterization Ce medição das propriedades hidráulicas do Unsaturated Porous Media, University da Califórnia, em Riverside, Califórnia

Dullien, FAL, FSY Lai, e se Macdonald, 1986. Continuidade hidráulica de molhar residual fase em meios porosos, J. Colóide interface Sci., 109:201-218

Tuller, M., D. Ou, LM e Dudley, 1999. Absorção e condensação capilar poroso média: retenção de líquido e configurações interfaciais em poros angulares, Resour água.Res., 35 (7), 1949-1964

CORREA, CELINA BRITTO - Análisis de la Viabilidad y Comportamiento Energético de la Cubierta Plana Ecológica. Universidad Politécnica de Madrid, 2001.

FAROUKI, O.T. Thermal Properties of Soils, Series on Rock and Soil Mechanics, Vol. 11, 136p. 1986.

FUTURENG - Coeficiente de condutibilidade térmica [em linha]. [Consult. 14 outubro 2012]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.futureng.pt/coeficiente-de-condutibilidade-termica>>.

BEAR, JACOB. Dynamics of fluids in porous media. New York: American Elsevier, 1972.

INCROPERA, FRANK P. e WITT, DAVID P. DE - Fundamentals of Heat and Mass Transfer.

Third Edition. John Wiley & Sons, 1990. ISBN 0-471-51729-1.

ASHRAE. Handbook of Fundamentals. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Atlanta, 1997.