

8.

Ensaio de permeabilidade

8.1 Caixas comparativas

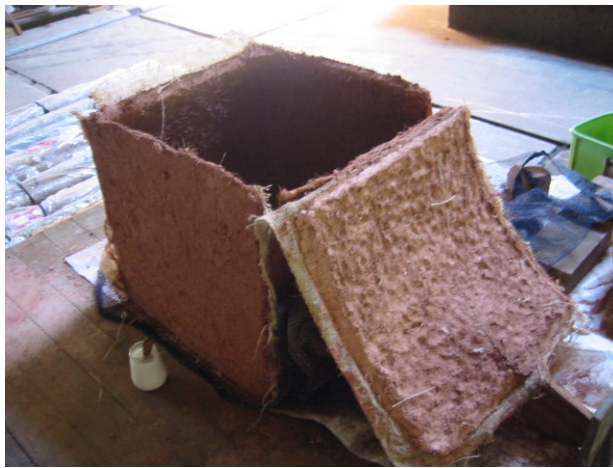
Este ensaio propôs um estudo comparativo do comportamento de cinco caixas constituídas de diferentes materiais: *fibrosolo, gesso, concreto, madeira laminada e policarbonato*.

Dois objetivos foram estabelecidos. Um foi conhecer a capacidade de permeabilidade aos fluidos gasosos dos referidos materiais. O outro foi e acompanhar a variação de temperatura e umidade interna de cada caixa durante três meses, e fazer um comparativo entre as condições internas de cada caixa e o meio externo a elas.

Para tal todas as caixas foram colocadas suspensas sobre um cavalete e expostas ao tempo recebendo à mesma incidência de ventilação, luz, sol e umidade. Sobre as caixas, aplicou-se suspensão também, e separada por 50 cm, uma lona plástica translúcida a fim de garantir a ventilação e controlar a entrada indesejável de água de chuva. Todas as caixas se mantiveram com todas as faces praticamente expostas ao ambiente externo.

Estas caixas foram dimensionadas na forma de cubos de 50 cm de arestas, com 1 cm de espessura em todas as faces. No interior de cada caixa foi fixada uma vela de 20 cm e um isqueiro. Foram ainda incorporadas nas faces de cada caixa, um termômetro e um higrômetro analógicos, um tubo 3/16 de aço cromado lacrado com 25 cm e uma luva de látex industrial para permitir o manuseio dos objetos lá contidos. Todas as frestas e emendas foram seladas com os próprios e respectivos materiais, de modo a eliminar qualquer possível passagem de ar para seu interior. A intenção foi eliminar todo oxigênio contido internamente provocando a combustão do gás pelas velas acesas. A manipulação das velas sem contato com o ar externo foi permitida com as luvas e os isqueiros colocados internamente durante a confecção.

Do lado externo o acompanhamento foi feito com medições por um termômetro e higrômetro semelhante ao das caixas. Um termômetro digital com sonda, a ser inserida nos tubos de aço cromado, foi utilizado para medir a temperatura interior sem a influencia da transmissão de calor dos materiais que constituíram as paredes, e que, possivelmente atuam sobre os termômetros analógicos alocados na superfície. Além desta medição digital interna, o termômetro também confirmaria com maior precisão a temperatura externa.



Figuras 298 e 299. Caixas em processo de confecção.



Figura 300. caixas perfiladas após uso no experimento



Figura 301.
Caixas posicionadas
conforme experimento

Tabela demonstrativa da eliminação de oxigênio interno das caixas

dia horário medição	17/abr. 14h00min	19/jun. 09h20min
caixa FIBROSOLO	(consumiu a vela)	...
caixa MADEIRA	19 min	22 min
caixa CIMENTO	21 min	7 min
caixa GESSO	(consumiu a vela)	...
caixa POLICARBONATO	14 min	alterada

Tabela 2. esta tabela revela o tempo de combustão e consumo do oxigênio presente dentro das caixas

Após os procedimentos iniciais acenderam-se as velas de cada caixa. Mediou-se o tempo de extinção da chama, a fim de caracterizar a eliminação do oxigênio. Posteriormente após dois meses fez-se nova medição para reconhecer a presença novamente ou não de oxigênio no interior das caixas.

O resultado apresentado mostrou que as caixas de fibrosolo e gesso tiveram suas velas acesas até que se consumissem, caracterizando a presença constante do oxigênio. A caixa de policarbonato foi a primeira a ter extinguido o oxigênio (14 min) seguida pela caixa de madeira (19 min) e de cimento (21 min).

Na segunda medição notou-se a deterioração da caixa de policarbonato, inclusive com a presença de umidade que ocasionou a corrosão do isqueiro e de uma colônia de formigas. A caixa de madeira demorou desta vez um tempo maior que o anterior (22 min) possivelmente por uma alteração do material colocado ao tempo, e a de cimento um tempo bem menor (7 min).

A permeabilidade ao ar ambiente das caixas de fibrosolo e de gesso ficou demonstrada pela permanência da chama acesa até a extinção da vela, após aproximadamente 28 horas.

Percebemos que analisando o termômetro analógico posicionado na zona superficial das caixas, a absorção de temperatura dos materiais atua de modo diferenciado nestas. Dentre os materiais utilizados o que apresentou maior capacidade de absorção foi o fibrosolo, mantendo a superfície mais aquecida quando exposta diretamente a luz solar. Porém a medição digital feita no centro da caixa mostrou haver uma redução substancial desta temperatura. Algumas hipóteses devem ser levadas em conta. Primeiro a possibilidade do equipamento de medição analógico ter sofrido danos alterando os valores medidos. Segundo, a capacidade de absorção de calor do fibrosolo ocorre em níveis altos porém a dissipação também ocorre rapidamente devido as características de respiração percebidas. Terceiro, a coloração escura do material inibe a reflexão luminosa, absorvendo mais do que refletindo o calor recebido. Neste ultimo caso, faz sentido o fato de se utilizar largamente a tabatinga branca como revestimento e acabamento, o que com certeza reduziria muito o calor absorvido pelo material.

Mas os aspectos mais relevantes dizem respeito às análises combinadas dos dois itens, temperatura e umidade. A fim de evitar equívocos de abordagens individualizadas buscamos uma relação ideal que só poderia ser interpretada compreendendo os dados conjuntamente. A sensação de conforto no ambiente é naturalmente percebida pela combinação de nossos sentidos.

Sob este olhar, os resultados apresentados mostraram que a melhor relação temperatura/umidade, dentre as caixas experimentadas durante estes dois meses de análise, foi a da caixa confeccionada com fibrosolo. A combinação temperatura/umidade analisada comparativamente em diversos momentos, se manteve sob uma faixa de conforto por mais tempo na caixa de fibrosolo, mesmo tendo alguns picos de desconforto.

Os dados mostraram também que o nível de umidade interna sempre se manteve em valores mais confortáveis que os do ambiente externo. É importante considerar que o fator densidade material se fixou em dimensões que ampliadas fatalmente modificariam algumas conclusões. Principalmente no que diz respeito à inércia térmica específica de cada material e no grau de absorção e respiração de cada material.

Porém como buscamos a minimização do uso de materiais, a leveza destes além da transportabilidade como forma de redução nos gastos de energia, torna-se relevante entender comparativamente como cada material se comporta.

Mesmo nos momentos em que a caixa de fibrosolo se manteve sob a faixa de desconforto a relação umidade/temperatura pode ser considerada como razoável. Ex. quando a temperatura está mais alta a umidade se mantém em níveis baixos auxiliando a sensação térmica do corpo humano. Em nenhum momento de aumento da umidade interna a temperatura interna esteve elevada ou muito baixa.

Nas outras caixas percebemos ainda boas condições na confeccionada em gesso, beneficiada pela boa capacidade reflexiva do material.

As caixas de madeira compensada e cimento mostraram grande oscilação e distensões nas faixas de conforto de temperatura e umidade separadamente. A caixa de madeira manteve a umidade interna sempre acima da externa mas com valores de temperatura semelhantes aos externos. A de cimento apresenta constantes momentos de ambiente frio e seco oscilando com outros de quente e úmido, mostrando que quando a temperatura externa se eleva a interna a ultrapassa e quando a mesma temperatura externa diminui a níveis desconfortáveis a interna reduz mais ainda.

A caixa de policarbonato mostrou pouquíssimos períodos de conforto interno.

Considerações sobre cada caixa experimentada

Caixa de madeira

No gráfico da caixa de madeira percebemos que os dados mais constantes são os de temperatura interna inferior à externa, acompanhada de grau de umidade acima do normal. A umidade interna se mantém praticamente em todos os momentos acima da umidade externa. Como exemplo, observamos momentos tais como temperaturas internas em torno de 17º C com umidade 72%, enquanto externamente ocorre uma relação 25º C e 62% de umidade. Estes valores são demonstradores de uma constante sensação de desconforto interno, principalmente se observarmos que ao longo do gráfico, a temperatura interna acompanha com muita proximidade a temperatura externa, fato inverso em relação à umidade.

A densidade do material, 1 cm, é um dado que deve ser relativizado, pois sabemos que em densidades maiores os valores sofrem outras influências, principalmente quanto à inércia térmica, porém os custos normalmente também se elevam.

Caixa de policarbonato

A caixa de policarbonato mostrou pouquíssimos períodos de conforto interno. A presença constante foi de dados de desconforto. O nível de altas temperaturas nos períodos quentes e a rápida inversão destes valores nos períodos frios demonstra uma baixa inércia térmica.

O dado interessante foi perceber a oscilação brusca dos níveis de umidade, mostrando que embora a caixa inicialmente estivesse estanque, a umidade que ora penetrou, em tempos muito curtos oscilou bruscamente apresentando valores excessivos a ausências em períodos muito curtos. Esta variação acompanhada também das oscilações de temperatura representa ser este ambiente de difícil adequação ao organismo humano, com sensações térmicas muito desagradáveis.

No início do período de temperaturas mais frias a combinação de valores passou a apresentar “momentos” de conforto.

Caixa de cimento

O gráfico referente à caixa de cimento apresenta variações fragmentadas de bons e maus períodos de conforto. A oscilação é grande, embora mostre estar próximo da faixa de conforto quando analisamos os dados de temperatura em separado dos de umidade.

A constante é uma combinação de valores demonstrando momentos de ambiente interno frio e seco ou quente e úmido. Nas faixas de desconforto a temperatura externa se eleva e a interna a ultrapassa e quando a temperatura externa diminui a níveis desconfortáveis a interna reduz mais ainda. Percebemos no gráfico, no período quente por diversas vezes temperaturas internas em torno de 33º C com umidade interna na faixa de 32%, enquanto a temperatura externa girava em torno de 29º C. Em outros casos no período frio, temperaturas internas em torno de 17º C com umidade 69%, enquanto a relação externa girava na casa de 23º C e 60% de umidade. Como o concreto apresenta grande inércia térmica (demora a trocar temperatura), a relação de densidade para este material permitir níveis de bom conforto interno deve ser compreendida por uma massa de grande volume. Assim o material demora mais tempo para transferir o calor absorvido do que o tempo de exposição a radiação recebida. Neste caso os custos de construção e o impacto ambiental também se elevam.

Caixa de gesso

O gráfico da caixa de gesso tem aspectos muito interessantes. Se os aspectos temperatura ou umidade forem analisados separadamente, a resposta é que o material alcança níveis de conforto tanto num quanto noutro. Porém se analisarmos os dois conjuntamente iremos perceber que a relação está constantemente em desencontro. Quando a temperatura interna aumenta, baixa muitíssimo a umidade, e no oposto também, onde se apresenta aumento de umidade com baixa temperatura. Este fato pode ser exemplificado em combinações temperatura/umidade internas tais como: 24º C/ 42% e 16º C/ 62%, enquanto externamente temos 28º C/ 40% e 20º C/ 60%.

Embora mantenha a temperatura em níveis agradáveis, já que o gesso é um material de excelente reflexão luminosa e baixa absorção de calor, a caixa mostrou baixa umidade interna, levando em alguns momentos a níveis de muito desconforto.

Caixa de fibroso

Este gráfico mostra que embora a caixa de fibroso tenha picos de desconforto a oscilação da relação umidade/temperatura demonstra manter por tempo mais longo o grau de conforto no ambiente.

Mostra ainda que o nível de umidade interna sempre se mantém num valor mais confortável que o externo. A temperatura no ambiente interno sofre algumas oscilações, mas demonstra também que o fator densidade deste material fatalmente irá contribuir muito para o equilíbrio de conforto.

Mesmo em vários períodos designados como desconforto a relação umidade temperatura é razoável. Ex. quando a temperatura está mais alta a umidade se mantém em níveis baixos auxiliando a sensação térmica do corpo humano. Em nenhum momento de aumento da umidade interna a temperatura interna esteve elevada ou muito baixa.

8.2 Ensaio químicos de porosidade

Os ensaios de adsorção e desorção de gases realizados no Depto. De Química da PUC-Rio, mostraram que as características das partículas encontradas no solo utilizado para os experimentos de campo e das caixas, apresentam microporos de média porosidade.

Assim como qualquer outro material o solo é constituído de partículas moleculares porosas, que auxiliam ou não na respiração dos materiais. Os microporos determinam a capacidade de adsorção do material que ela constitui, permitindo uma compreensão ampliada das características de permeabilidade deste. Esclarecendo, a permeabilidade do solo pode ser entendida não só pelos espaços intersticiais compreendidos pela organização granular do material, as macropartículas, mas também pelas próprias micropartículas da estrutura molecular que apresentam porosidade suficiente para permitir a passagem de alguns gases.

Todos os materiais porosos possuem uma umidade de equilíbrio interna, em relação à umidade e temperatura do meio em que se encontram.

No caso do solo, quanto maior o conteúdo de argila, maior o conteúdo de umidade de equilíbrio. É nestes poros e microporos que encontramos as águas de constituição fundamentais para o equilíbrio da umidade ambiente. Para este equilíbrio é mais relevante a velocidade com que o material absorve e desabsorve a umidade, do que o próprio valor desta. Da mesma forma, para a difusão de vapor, importa mais o tamanho dos poros do solo do que o índice de porosidade.

A tabela a seguir mostra que os microporos encontrados no solo (terra) são mais porosos que as da argila pura, gesso e cimento.

Amostras Prof. Fernando	Área BET (m ² /g)	Área de microporos (m ² /g)
Terra	37,7	7,7393
Argila	18,9	1,1928
Gesso	22,0	2,4828
Cimento	3,2	-0,4056

Tabela 3. Tabela com porosidades específicas de terra, argila pura, gesso e cimento

Composição da amostra	Teor, %
SiO ₂	49,3
Al ₂ O ₃	43,9
Fe ₂ O ₃	3,5
K ₂ O	2,6
TiO ₂	0,4
CaO	0,1
V ₂ O ₅ , MnO, Rb ₂ O, ZrO ₂ , ZnO e CH	< 0,1

Tabela 4. Resultados de Fluorescência de raios-X para a amostra **Terra**. Tabela de composição química da amostra de solo utilizada no experimento das caixas

Outro ensaio de reconhecimento da porosidade das partículas do solo foi realizado. O ensaio “Análises da termodessorção programada de N_2/O_2 ” foi realizado do seguinte modo, segundo relatório do laboratório:

A ação primeira foi a desorção termoprogramada dos gases O_2 e N_2 inicialmente adsorvidos a temperatura ambiente sobre os materiais terra (solo), argila, gesso e cimento. As amostras desses materiais foram inicialmente aquecidas com um fluxo de He (gás inerte) para eliminar impurezas gasosas. Este aquecimento foi feito desde temperatura ambiente até $200^\circ C$ a uma taxa de $10^\circ C/min$. Logo depois as amostras foram esfriadas à temperatura ambiente para serem submetidas, a seguir, a um ambiente de ar sintético (mistura N_2/O_2) durante uma hora. Finalmente introduziu-se novamente o gás hélio (gás inerte) para começar a desorção do ar sintético supostamente adsorvido. Essa termodessorção foi feita desde temperatura ambiente até $200^\circ C$ com uma taxa de aquecimento de $5^\circ C/min$. Os gases desorvidos foram acompanhados com ajuda de um Espectrômetro de Massas (EM). Estes gases são injetados constantemente no EM e acompanhados como um sinal de variação da corrente do íon (mA), conforme gráficos em anexo. Quando um gás é desorvido o sinal muda e a aparência é de um pico positivo; já quando ele é adsorvido o pico é negativo. Como se pode observar nos gráficos apresentados, não houve desorção dos gases acompanhados (N_2 e O_2) em nenhum dos casos já que eles não mostraram nenhum pico característico de desorção. Os sinais verificados correspondem aos ruídos do equipamento.

Nesta análise realizada percebemos que a porosidade encontrada no ensaio anterior pode ser constituída de microcavidades estanques, sem qualquer permeabilidade para passagem de gases. Podemos reconhecer também a necessidade de novos ensaios que permitam entender se a característica de permeabilidade do fibroso solo encontrada no experimento das caixas é derivada dos espaços que entremeiam as macropartículas, fruto da organização estrutural dos grãos, ou se há ainda outras influências desconhecidas que solicitem uma investigação mais detalhada.