



## USO COMBINADO DE POLIETILENO EXPANDIDO E CALÇOS DE BORRACHA EM PISOS FLUTUANTES

**Moysés Zindeluk**

COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro

Programa de Engenharia Mecânica

Laboratório de Acústica e Vibrações

[moyses@serv.com.ufrj.br](mailto:moyses@serv.com.ufrj.br)

**Luvercy J. de Azevedo Filho**

**Mário Cardoso Pimentel**

VIBRANIHIL Com. Ind. Amortecedores de Vibração Ltda.

Rua das Alfazemas, 31, Vila Alpina, São Paulo

***Resumo.** Pisos flutuantes são utilizados em diversas aplicações de acústica arquitetônica e industrial, para atenuar a transmissão de vibração, impactos e ruído aéreo através do piso. Seu emprego tem-se difundido em edifícios residenciais de alta qualidade, especialmente em áreas ruidosas como “home-teathers” e salas de ginástica, em academias de dança, cinemas, boliches, hospitais, estúdios e outros ambientes com fontes intensas ou receptores sensíveis. É apresentada neste trabalho uma nova forma construtiva para pisos flutuantes, consistindo a camada resiliente na combinação de mantas em polietileno expandido com calços em borracha natural com baixo fator de forma. A placa suspensa é, em geral, uma laje de concreto. O método elimina a necessidade de fôrma perdida em madeira, sendo o material impermeável. A acomodação por fluência do material é eliminada, podendo-se ajustar a carga admissível e a flexibilidade conforme a utilização prevista para cada região do piso.*

***Palavras-chave:** Acústica, Controle de Ruído, Ruído Estrutural, Pisos Flutuantes*

### 1. INTRODUÇÃO

O ruído estrutural, ou seja, a transmissão de energia vibratória pelas estruturas, gerada por excitações permanentes, como de máquinas rotativas ligadas à estrutura, ou transitórias, como impactos, é uma preocupação importante na área de controle de ruído. Atingindo superfícies com áreas extensas, como pisos, forros e paredes, essa vibração pode ser emitida como ruído aéreo, com todos os seus efeitos nocivos, mesmo em ambientes bastante distantes da região onde se encontra a fonte de excitação.

O controle de ruído estrutural é requerido em todos os projetos de veículos, em máquinas que se deseja silenciar e na interface entre mecânica e arquitetura, em edificações onde equipamentos mecânicos e outras atividades podem gerar considerável energia vibratória.

Para atenuar a transmissão de vibrações para a estrutura, equipamentos mecânicos são fixados sobre bases sísmicas, ou diretamente apoiados, através de calços em elastômetro (Neoprene, borracha natural) ou isoladores em molas helicoidais, sobre contrabases. O efeito de isolamento é melhor quando essas contrabases são isoladas da estrutura (flutuantes) através de camada resiliente, como ilustra a Fig. 1

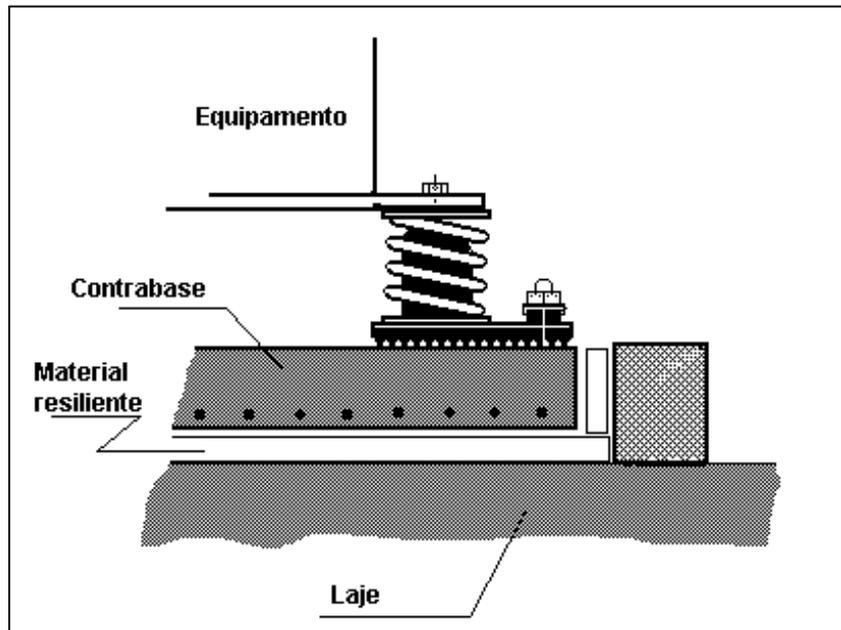


Figura 1- Contrabase flutuante

No caso de grandes áreas onde as fontes de impacto e vibração podem estar distribuídas e em posições variáveis, o tratamento é estendido a todo o piso, ou parte considerável deste, designado então como piso flutuante.

Para avaliação comparativa de diversas técnicas construtivas de pisos flutuantes, deve-se levar em conta tanto o isolamento promovido, basicamente dependente da densidade superficial do piso e da flexibilidade da camada resiliente, quanto os aspectos de custo e facilidade de execução.

Os materiais resilientes mais utilizados são a lã de vidro, em painéis de alta densidade, e o polietileno ou poliestireno expandido, em mantas finas superpostas (Giuliano, 1996). Para o uso desses materiais em pisos com cargas elevadas, apresenta-se o problema da fluência. Tipicamente, não se deve utilizar a lã de vidro com sobrecargas acima de  $100 \text{ kgf/m}^2$ . Seu uso, então, restringe-se a tablados, como em academias de dança, e quadras esportivas, em que o piso flutuante é um assoalho de madeira. Para o polietileno expandido, pode-se elevar a carga até cerca de  $300 \text{ kg/m}^2$ , o que estende seu uso a pisos residenciais e outras áreas de tráfego de pessoas e carregamentos leves. Para uma laje fina, de 7 cm de espessura,  $170 \text{ kgf/m}^2$ , deixa-se um resíduo admissível da ordem de  $130 \text{ kgf/m}^2$  para mobiliário e ocupação. A Fig. 2 mostra um detalhe desse tipo de laje flutuante.

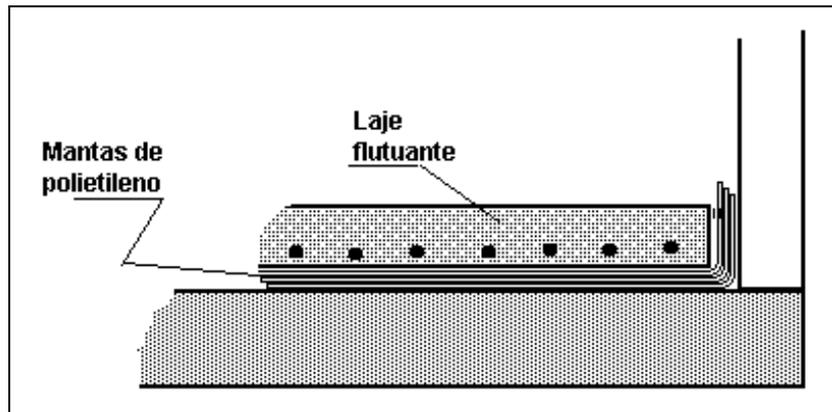


Figura 2 - Piso flutuante sobre mantas

Observe-se que, ao flutuar sobre manta resiliente, o contrapiso se torna frágil para apoio de cargas concentradas, daí a exigência de armadura, usualmente em tela de aço.

Outra configuração importante ocorre na construção de estúdios e salas técnicas, onde o isolamento é recíproco, i.e., deseja-se isolar o espaço interno em relação às vibrações da estrutura do edifício. Neste caso, além da laje flutuante e de forros especiais, é necessário que as paredes não sejam erigidas diretamente sobre a laje estrutural. Um anel de vigas flutuantes é então construído, para apoio das paredes, ver Fig. 3.

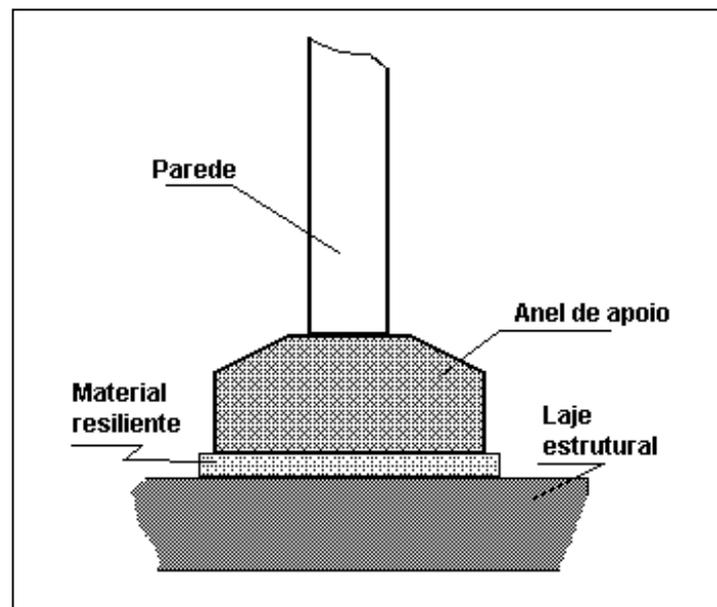


Figura 3 - Anel de apoio isolado para paredes

## 2. PISOS COM MATERIAL REFORÇADO

Em todos esses casos, ocorre freqüentemente que a necessidade de sobrecarga útil ultrapassa os valores adequados e elevada taxa de fluência se verifica. Durante o período de fluência acentuada, ocorre elevação gradual das freqüências naturais do piso, elevação que se torna mais intensa quando se eliminam os vazios do material, o que cancela grande parte do isolamento pretendido.

Em experimento recente com mantas de poliestireno sob bloco de aço, carga de 700 kg/m<sup>2</sup>, a frequência natural vertical, inicialmente cerca de 22 Hz se elevou para cerca de 24 Hz após fluência sob compressão de 31% da espessura do material, em apenas 20 dias.

Uma forma de se contornar esse problema consiste na inserção, no material resiliente, de calços flexíveis cujo espaçamento, rigidez e capacidade de carga venham a complementar ou substituir totalmente a função de suporte do material anterior. São em geral utilizados calços de borracha, ou de lã de vidro prensada encapsulada em borracha. Quando os calços são usados em paralelo com placas de lã de vidro, a configuração é como a mostrada na Fig.4.

Observe-se que, para a moldagem da laje flutuante, é necessário um piso (fôrma), usualmente em compensado, coberto com filme plástico. Nos casos de alta carga (passagem de veículos, por exemplo), a armadura é dupla, como ilustra a figura. Além do custo, esse método tem o inconveniente da fôrma perdida em madeira, que pode se tornar foco de cupins.

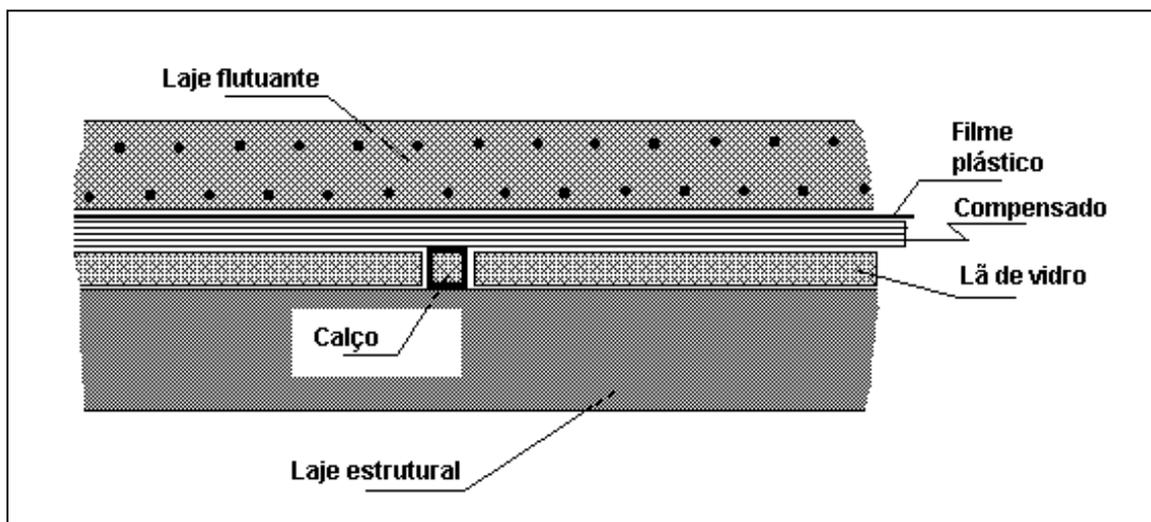


Figura 4 - Laje flutuante com calços e fôrma perdida

Neste caso, a lã de vidro perde sua função de sustentação do piso, passando a funcionar apenas como atenuadora acústica para a cavidade entre a fôrma e a laje estrutural.

### 3. ALTERNATIVA PROPOSTA

Substitui-se, com vantagem, a lã de vidro pelas mantas superpostas, em camadas cruzadas, de polietileno expandido. Sendo essas mantas impermeáveis, não há necessidade de fôrma para a moldagem do piso flutuante. Se o peso próprio do piso não for excessivo, não ocorrerá fluência das mantas durante o período de cura do concreto. Desta forma, o piso estará sendo sustentado pelas mantas e a sobrecarga operacional será suportada solidariamente por mantas e calços, como molas em paralelo.

Para os calços de reforço, foram projetadas para fabricação placas em borracha natural, com relevo em pinos cônicos. As características de rigidez e capacidade de carga foram estudadas por pino, de forma que são utilizados calços com o número de pinos adequado para cada aplicação. As placas têm 20 mm de espessura, igual à de quatro camadas de manta de polietileno de 5 mm. Os calços são inseridos em orifícios cortados nas quatro mantas, podendo-se acrescentar uma quinta camada de manta para completar a fôrma, como ilustra a Fig.5.

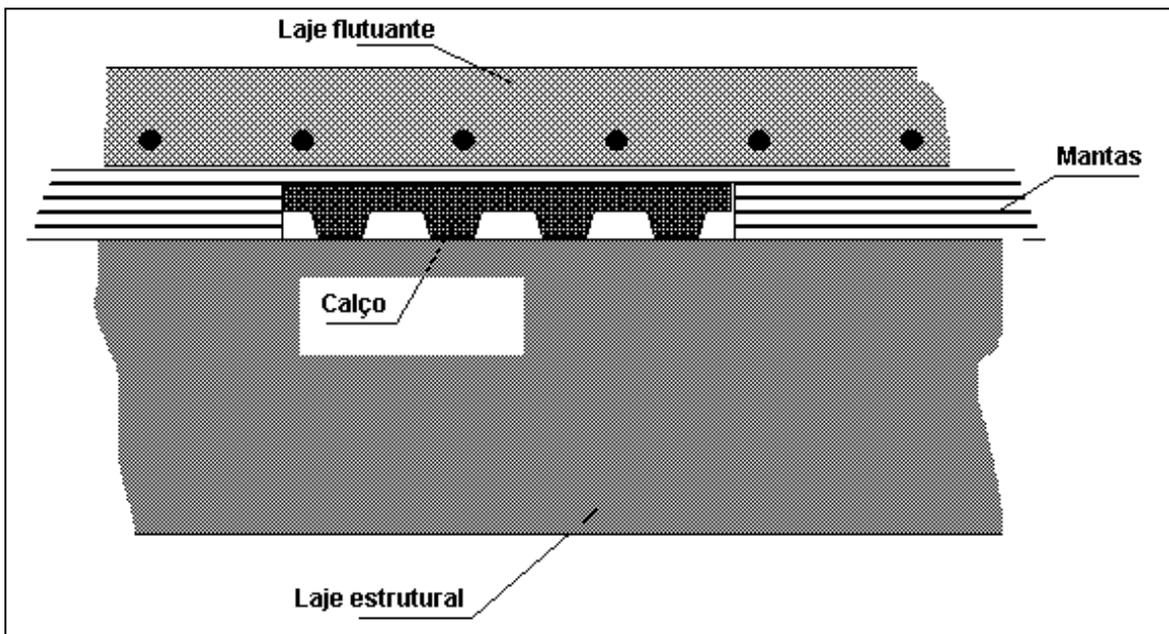


Fig.5: Camada resiliente combinada proposta

No experimento relatado a seguir, não foi utilizada a quinta camada, de vedação, sendo evitada a penetração do concreto no alojamento do calço com fita adesiva.

#### 4. EXPERIMENTO

Em outubro de 1997 foi montada a amostra, um bloco de concreto, com 330 kg, sobre uma área de  $0,628 \text{ m}^2$ , resultando na carga de  $525 \text{ kgf/m}^2$ . O bloco tem o formato mostrado na Fig. 6, com o chanfro típico de uma aplicação como a ilustrada na Fig.3. Foi apoiado em quatro calços, em borracha natural de dureza ShA 60, tendo cada calço do lado mais espesso a área de  $166 \text{ cm}^2$  (6x4 pinos cônicos) e, do lado do chanfro,  $125 \text{ cm}^2$  (3x6 pinos). A imagem da Fig.7 mostra as posições dos calços.

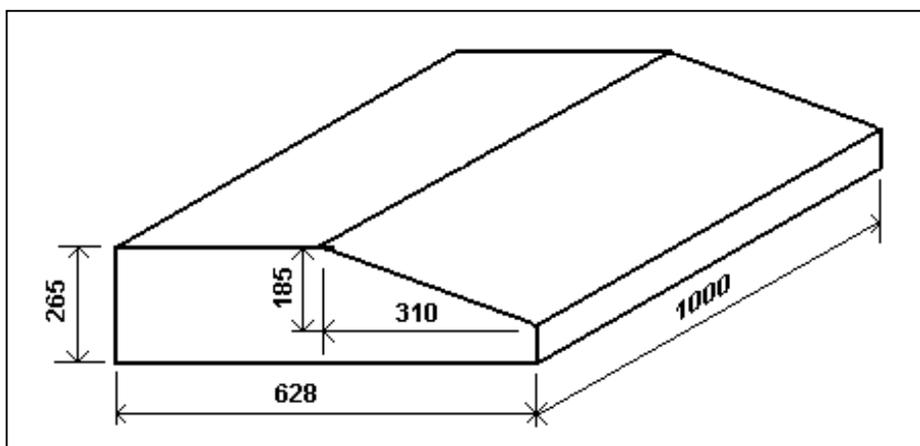


Figura 6- Bloco ensaiado

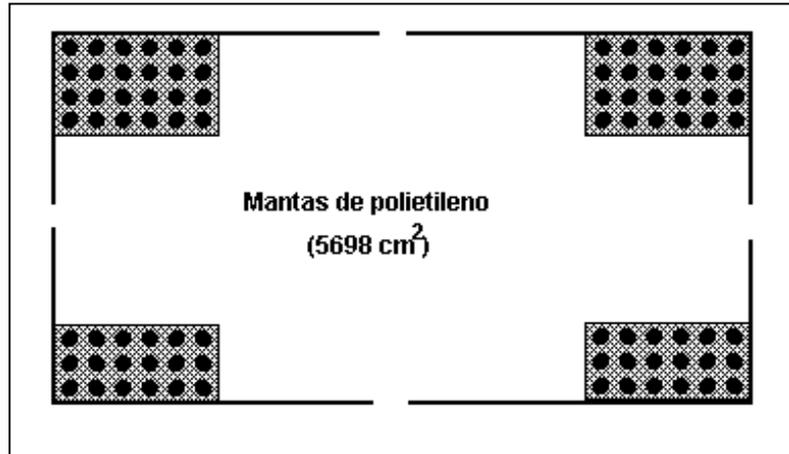


Figura 7 - imagem da composição de apoio

Oito marcos em aço foram fixados ao redor da borda do bloco, para monitoração da espessura da camada resiliente. A frequência natural vertical foi medida por impacto na vertical do centro de gravidade do bloco. As medições foram repetidas periodicamente durante mais de 500 dias.

A evolução da frequência natural com o tempo é mostrada na Fig. 8. Na Fig. 9, mostra-se uma tela típica da resposta em frequência do conjunto, no analisador utilizado (Bruel e Kjaer 2515).

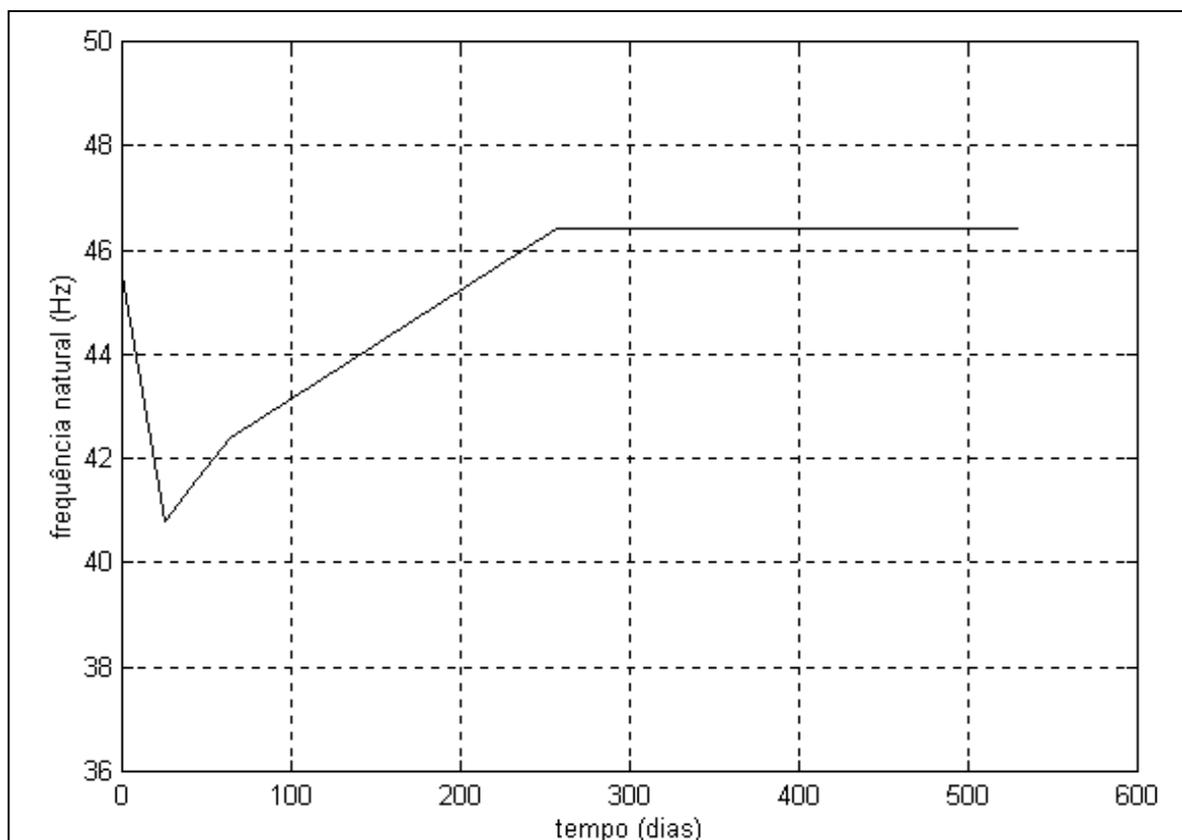


Figura 8 - Evolução da frequência natural

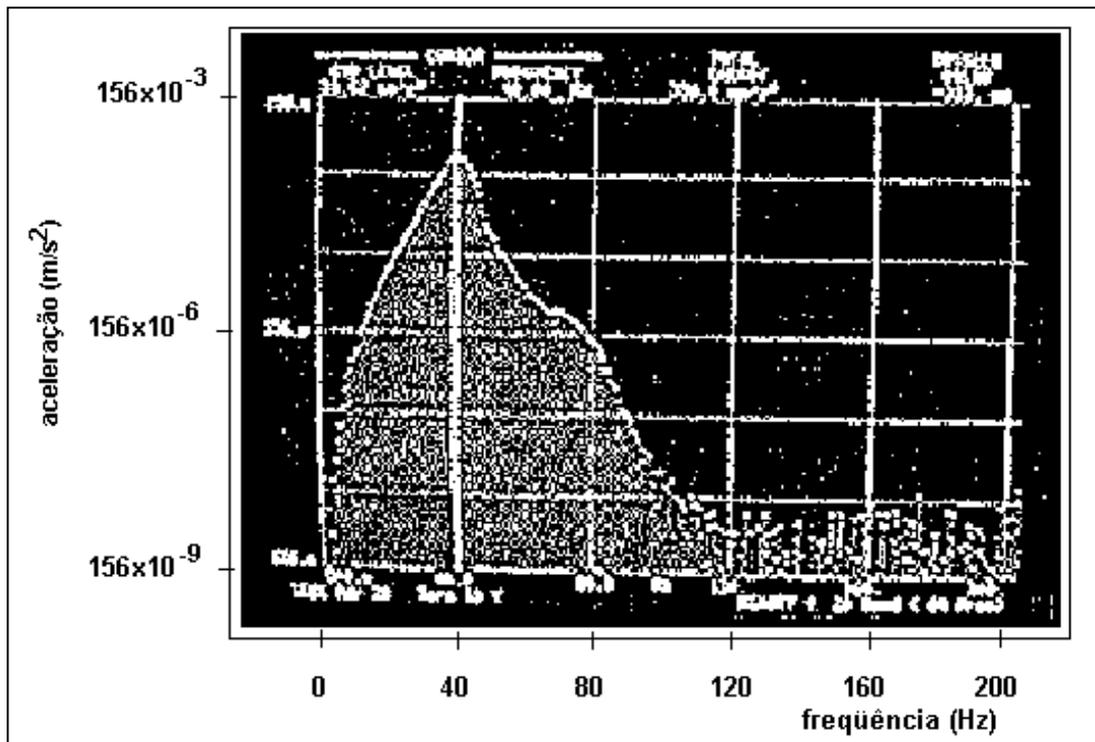


Figura 9 - Resposta em frequência típica (tela)

Devido à irregularidade da superfície de contato entre o bloco e as mantas, não foi medida a deflexão estática inicial, cerca de 0,5 mm (2,5 %).

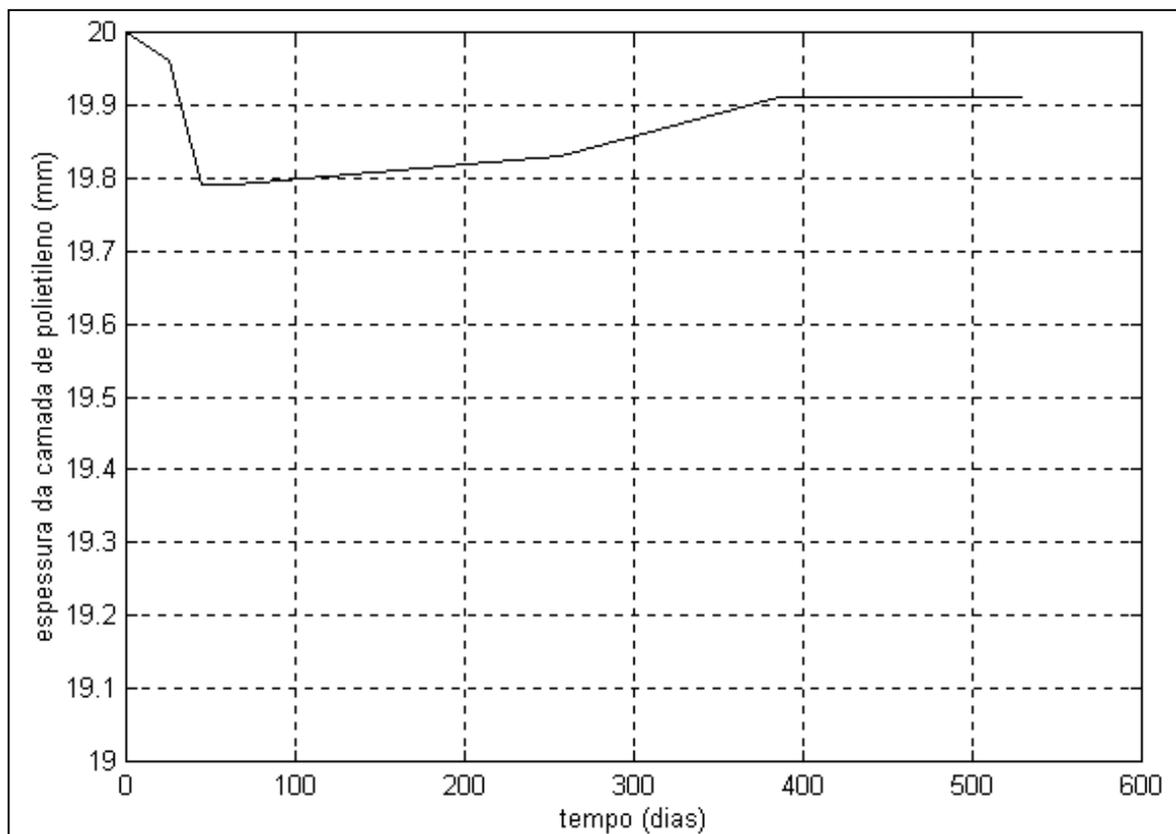


Figura 10 - Evolução da espessura da camada resiliente

No gráfico de evolução da espessura, Fig. 10, é tomada a espessura inicial indeformada de 20 mm como referência.

## 5. ANÁLISE E CONCLUSÕES

Observa-se uma dinâmica apreciável, tanto na espessura quanto na frequência natural, na passagem do verão de 1997/98 (60 a 150 dias) mas o fenômeno não se repete na mesma estação em 1998/99 (420 a 510 dias), voltando espessura e frequência natural a se estabilizarem próximo aos valores iniciais após cerca de 300 dias. A perda de massa (umidade) e contração do concreto, acentuadas no período inicial (cerca de 6 meses) podem estar envolvidas no processo. A deformação estática da estrutura do material resiliente não é plástica, mesmo para grandes deformações.

O sistema permaneceu durante todo o tempo de observação exposto ao ambiente externo, não se observando qualquer alteração visível no aspecto e consistência ao toque dos componentes resilientes.

O piso flutuante proposto apresenta estabilidade em níveis de carga típicos de várias aplicações, cerca de 500 kgf/m<sup>2</sup>, com capacidade de atenuação (isolamento) para frequências superiores a 70 Hz e atenuação elevada a partir de cerca de 100 Hz. É ideal para isolamento de impactos e já está em uso em aplicações dessa natureza, como em boliches e estúdios.

## REFERÊNCIAS

Giuliano, H.G., Méndez, A.M., 1996, Comentarios sobre la Determinación de la Rigidez Dinámica de Materiales para uso en Pisos Flotantes, Revista da Sociedade Brasileira de Acústica, n. 18, pp. 33-38.

## USING EXPANDED POLIETHYLENE COMBINED WITH RUBBER PADS IN FLOATING FLOORS

**Abstract.** *Floating floors are used in several industrial and architectural acoustics applications, to attenuate the transmission of vibration, impact and air-bourne sound through the floor. Their use has been spreading out in high quality residential buildings, specially for noisy areas, such as home-teathers and gym rooms, and also in dance academies, cinemas, bowling courts, hospitals, studios and other environments with intense sources and/or sensitive receivers. In this work, a new constructive technique for floating floors is presented. The resilient layer is a combination of expanded pliethilene blankets with rubber pads with low shape factor. The floating floor is usually a concrete slab. The tchnique elliminates the necessity of a lost wooden mould, the material being impervious. Material settling by creep is virtually eliminated and the admissible load and flexibility may be adjusted according to the usage of each region of the floor.*

**Keywords:** *Acoustics, Noise Control, Structure-borne Sound, Floating Floors*