

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA VIBRAÇÃO RODOVIÁRIA SOBRE O PAVILHÃO ARTHUR NEIVA/FIOCRUZ

Nayara Vasconcelos Gevú¹
nayaragevu@gmail.com

Marcos Martinez Silvano²
silvano@fau.ufrj.br

Wendell Diniz Varela³
wendell@fau.ufrj.br

ÁREA: MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO

Resumo

Dentre os edifícios que constituem o acervo arquitetônico moderno da cidade do Rio de Janeiro encontra-se o Pavilhão Arthur Neiva. O edifício, tombado pelo INEPAC, possui um painel de azulejos de autoria de Roberto Burle Marx e está localizado nas imediações da Avenida Brasil, via expressa de fluxo intenso e fonte permanente de vibrações. A influência das vibrações no entorno de edifícios históricos deve ser considerada no processo de reconhecimento de um bem como patrimônio cultural como forma de subsidiar ações de preservação e restauração, levando em consideração que esse fenômeno pode ser causador de danos na edificação. Tendo em vista que o Pavilhão Arthur Neiva foi implantado após a abertura da Avenida Brasil e que esse contexto externo não pode ser modificado faz-se necessário uma análise dos efeitos do tráfego de veículos sobre o edifício e sobre o painel com o objetivo de fornecer subsídios para futuras intervenções, visando ao atendimento dos parâmetros de integridade física do edifício. A metodologia da pesquisa envolveu as seguintes etapas: (1) pesquisa bibliográfica; (2) visitas ao local para reconhecimento do edifício e do ambiente de entorno; (3) medição do pico de velocidade de partícula através de acelerômetro triaxial e (4) análise crítica dos resultados.

Palavras-chave: Vibração
Preservação
Patrimônio

¹ Aluna, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura - FAU / Universidade Federal do Rio de Janeiro

² Professor, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura - FAU / Universidade Federal do Rio de Janeiro

³ Professor, Departamento de Estruturas - FAU / Universidade Federal do Rio de Janeiro

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA VIBRACIÓN RODOVIARIA SOBRE EL PAVILHÃO ARTHUR NEIVA / FIOCRUZ

Nayara Vasconcelos Gevú⁴

nayaragevu@gmail.com

Marcos Martinez Silvano⁵

silvano@fau.ufrj.br

Wendell Diniz Varela⁶

wendell@fau.ufrj.br

AREA: MANTENIMIENTO Y RESTAURACIÓN

Resumen

Entre los edificios que constituyen el acervo arquitectónico moderno de la ciudad de Rio de Janeiro se encuentra el Pavilhão Arthur Neiva. El edificio, tumbado por el INEPAC, tiene un panel de azulejos de autoría de Roberto Burle Marx y está ubicado en las inmediaciones de la Avenida Brasil, vía expresa de flujo intenso y fuente permanente de vibraciones. La influencia de las vibraciones en el entorno de edificios históricos debe ser considerada en el proceso de reconocimiento de un bien como patrimonio cultural como forma de subsidiar acciones de preservación y restauración, teniendo en cuenta que ese fenómeno puede ser causante de daños en la edificación. Teniendo en cuenta que el Pavilhão Arthur Neiva fue implantado después de la apertura de la Avenida Brasil y que ese contexto externo no puede ser modificado se hace necesario un análisis de los efectos del tráfico de vehículos sobre el edificio y sobre el panel con el objetivo de proporcionar subsidios para futuras intervenciones, con el objetivo de atender los parámetros de integridad física del edificio. La metodología de investigación implicó las siguientes etapas: (1) la literatura; (2) visitas al lugar para el reconocimiento del edificio y del entorno circundante; (3) medición del pico de velocidad de partícula a través de acelerómetro triaxial y (4) análisis crítico de los resultados.

Palabras clave: Vibración
Preservación
Patrimonio

⁴ Aluna, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura - FAU / Universidade Federal do Rio de Janeiro

⁵ Professor, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura - FAU / Universidade Federal do Rio de Janeiro

⁶ Professor, Departamento de Estruturas - FAU / Universidade Federal do Rio de Janeiro

Introdução

O Movimento Moderno representa um momento único na arquitetura brasileira, com a produção de exemplares arquitetônicos de reconhecido valor cultural, buscando a consolidação da expressão de uma nova identidade cultural nacional. O patrimônio moderno no Brasil ainda enfrenta muita carência de reconhecimento enquanto bem cultural (COELHO et al., 2011). Essa carência deve-se ao fato de grande parte dos estudos e pesquisas, no que tange o campo da conservação e restauração, serem voltados às arquiteturas de períodos anteriores. Os desafios da conservação dessa arquitetura são inúmeros, e a necessidade de reconhecimento desse patrimônio, inegável. No intuito de sua preservação, torna-se muito necessária a produção de estudos mais aprofundados e correntes a respeito dos exemplares modernos brasileiros e a adoção de medidas de salvaguarda àqueles que ainda não foram reconhecidos como bem.

Constituindo-se, também, como um exemplar cuja arquitetura moderna foi bastante alterada em função das diversas adaptações decorrentes da evolução do seu uso, o Pavilhão Arthur Neiva, objeto de estudo deste trabalho, foi tombado provisoriamente pelo INEPAC em 1998, sendo protegido, em definitivo, no ano de 2001. Nomeado originalmente como Pavilhão de Cursos, teve sempre um uso contínuo voltado para a área de ensino. O edifício é composto por espaços sensíveis onde são desenvolvidas atividades que exigem concentração e baixo nível de ruído (laboratórios, salas de aula, auditório, etc). Entretanto, o Pavilhão localiza-se às margens da Avenida Brasil, umas das vias expressas com maior fluxo de veículos (leves e pesados) do estado do Rio de Janeiro, condição que gera impactos sobre a edificação.

A vibração rodoviária, principalmente decorrente do tráfego de veículos pesados, como é o caso da Avenida Brasil, com fluxo intenso de ônibus e caminhões, pode gerar tanto danos estruturais nas edificações, como incomodidade aos seus usuários (BRITO, 2014). As construções edificadas com materiais mais resistentes, como aço e concreto armado são mais resistentes aos efeitos da vibração (DIN 4150-3, 1999). As construções mais antigas e patrimônios históricos, edificados com alvenaria de tijolos de barro, taipa ou madeira tendem a sofrer com mais intensidade o efeito das vibrações, podendo ocasionar danos como trincas estéticas e/ou danos estruturais irreversíveis (BRITO, 2013).

A implantação do edifício tão próxima à avenida suscitou investigações que serão desenvolvidas ao longo deste trabalho. Devido à carência de estudos no campo de vibrações e seus impactos em bens tombados que constituem o patrimônio moderno brasileiro, o objetivo geral do trabalho consiste em analisar os efeitos das vibrações produzidas pela Avenida Brasil sobre o Pavilhão Arthur Neiva.

O edifício

O Pavilhão Arthur Neiva (Figura 1), conhecido também como Pavilhão de Cursos, é um dos exemplares do conjunto arquitetônico moderno da Fundação Oswaldo Cruz.

Figura 1: Objeto de Estudo - Pavilhão Arthur Neiva (Autor, 2017)

A atual sede da Fiocruz está localizada no bairro de Manguinhos, na Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro (Figura 2). Juntamente com outro edifício moderno, o Pavilhão Arthur Neiva foi tombado provisoriamente pelo INEPAC em 1998 e em 2001 teve seu tombamento definitivo.



Figura 2: Localização terreno da Fiocruz na escala da Zona Norte (Fonte: Google Earth, 2017, adaptado)

Segundo Oliveira (2003), durante a direção de Henrique Aragão, presidente da Fundação Oswaldo Cruz entre os anos 1942 e 1949, foi possível a consolidação e expansão da área do Instituto. Com esse objetivo então, de expandir e delimitar o *campus*, Henrique Aragão se propôs a construir os novos pavilhões distantes do núcleo arquitetônico já existente da Fundação. Esses novos pavilhões seriam feitos com arquitetura da época, o modernismo, e os projetos seriam de responsabilidade da equipe de Divisão de Obras do Ministério da Educação e Saúde (DO/MES). O Pavilhão de Cursos teve sua construção iniciada em 1947 e sua conclusão no ano de 1951. De acordo com Coelho et al. (2011), o projeto “foi concebido para abrigar um duplo programa: laboratórios e cursos acadêmicos”.

Jorge Ferreira, arquiteto formado pela Escola Nacional de Belas Artes em 1937, trabalhou para o Ministério da Educação e Saúde de 1938 a 1970 e foi responsável por projetar o Pavilhão de Cursos e o Pavilhão do Refeitório. Ferreira, no projeto do Pavilhão de Cursos, recebeu a colaboração do paisagista Burle Marx, que ficou responsável pelo desenho de um painel em azulejos, com motivos em microrganismos aquáticos, e também pelo paisagismo do entorno do

Pavilhão. Segundo Oliveira (2003), o painel de azulejos que cobria toda a face curva do bloco passou por uma obra de reforma que o danificou e sua parte inferior foi retirada, restando agora apenas a parte acima do plano do terraço. Parte das cerâmicas do painel foram encontradas e se encontram armazenadas para serem utilizadas em uma futura restauração do painel.

O acesso que era direto do Pavilhão de Cursos para a Avenida Brasil posteriormente foi fechado. Com isso, o edifício perdeu essa premissa definida em sua própria concepção de projeto, que consistia na sua relação direta com a via expressa.

Originalmente, o fluxo de veículos da recém construída Avenida Brasil era bem menos intenso (Figura 3) e não comprometia o pleno funcionamento dos espaços sensíveis do edifício, espaços onde as atividades necessitam de concentração e baixo nível de ruído. Atualmente, a avenida, que possui um tráfego intenso (Figura 4), principalmente durante a semana onde o edifício tem maior utilização, acaba comprometendo as atividades do pavilhão que fica refém de ruídos constantes e excessivos (DUARTE, 2011).



Figura 3: Fluxo de veículos na Avenida Brasil e o Pavilhão de Cursos (Fonte: Evolução Urbana da Avenida Brasil, s.d.)



Figura 4: Fluxo da Avenida Brasil em frente ao edifício (Autor, 2017)

De acordo com o Relatório do Departamento de Patrimônio Histórico da Fiocruz realizado em 2003, para a Restauração dos Painéis em azulejos do Pavilhão Arthur Neiva, é possível observar a existência de trepidações na rodovia, que podem gerar ou agravar danos ao edifício. Diante dessas constatações, fica evidente a necessidade de se desenvolver estudos mais aprofundados em relação às vibrações a que este edifício está submetido.

Metodologia

No que tange o campo das vibrações, não existe uma normativa no Brasil específica para critérios de danos estruturais e incomodidade. Serão então utilizadas normas internacionais como referência para o desenvolvimento deste trabalho. De acordo com a DIN 4150-3 (1999) - *Vibration in buildings, effect in structures*, as edificações são classificadas em categorias diferentes (Tabela 1). Essa norma é considerada referência e aborda os limites de PVP (Pico de Velocidade de Partícula) em uma edificação a fim de que não ocorra danos estruturais. De acordo com Brito (2013), acima destes valores a norma desconsidera o risco estrutural, devido a maior resistência das estruturas.

Tabela 1: Limites de PVP (mm/s) segundo a norma DIN 4150-3 (1999) para integridade estrutural

Categoria	Tipos de edificação	PVP (mm/s) Todas as frequências	PVP (mm/s) < 10 Hz	PVP (mm/s) 10 - 50 Hz	PVP (mm/s) 50 - 100 Hz
1	Edificações de concreto armado e de madeira em boas condições	40	20	20 a 40	40 a 50
2	Edificações em alvenaria em boas condições	15	5	5 a 15	15 a 20
3	Edificações de alvenaria em más condições de conservação e edificações consideradas de patrimônio histórico	8	3	3 a 8	8 a 10

Além dos danos estruturais, a vibração rodoviária pode provocar também incomodidade aos usuários das edificações. A norma ISO 2631-2 (2003) - *Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 2: Vibration in buildings*, declara que a vibração poderá ser intolerável para os usuários de uma edificação devido à sensação física de movimento, que acaba prejudicando algumas atividades, como a conversação e o sono. A referida norma na versão de 2003 não estabelece os limites de incomodidade para os ocupantes de uma edificação, portanto serão utilizados dados da versão de 1993 (Tabela 2). O ruído gerado pelas vibrações é um dos fatores que contribuem para o efeito da incomodidade (BRITO, 2014).

Tabela 2: Limites de PVP (mm/s) segundo a norma ISO 2631-2 (1993) para incomodidade

Tipos de edificação	PVP (mm/s) -Diurno	PVP (mm/s) - Noturno
Hospitais	0,10	0,10
Residências	0,40	0,14
Escritórios	0,40	0,40
Oficinas	0,80	0,80

Medições de Vibração

As medições de vibração foram realizadas entre as 14h e 16h do dia 12 de julho de 2017 (quarta-feira), por períodos de 5 minutos, com um medidor de marca DYTRAN, modelo 4400A (Vibration Recorder). O programa utilizado para a análise de dados de vibração é o Lynx | Aq D Analysis 7.0.

Foram selecionados três pontos críticos para a realização das medições de vibração (Figura 5 e Figura 6), o limite do terreno com a Avenida Brasil (PONTO A), a passarela em frente ao painel de azulejos (PONTO B) e a casa de ar-condicionado, localizada no acesso norte ao auditório (PONTO C).

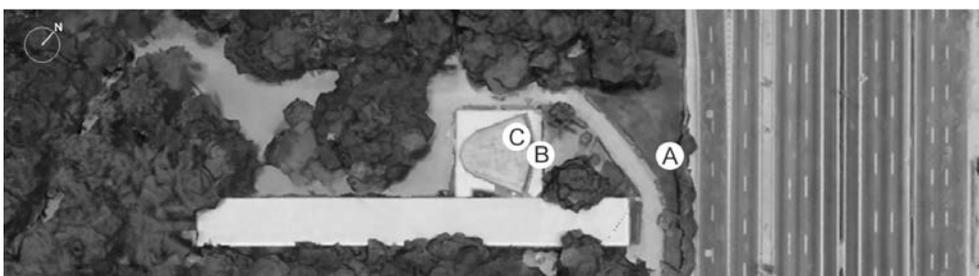


Figura 5: Localização dos Pontos de Medição (Fonte: Google Earth, 2017, adaptado)

Na primeira medição (PONTO A), o ponto definido no limite do terreno com a Avenida Brasil se encontra, aproximadamente, a 6m de distância da borda da via e a 30m de distância do painel de azulejos na fachada frontal. Partindo da premissa de total respeito ao patrimônio e com a finalidade de manter a integridade física do painel de azulejos tombado, a segunda medição (PONTO B) foi realizada com o equipamento encostado no painel e apoiado sobre a passarela, com o propósito de evitar algum tipo de dano decorrente da realização da medição. Resultados mais precisos seriam obtidos se o acelerômetro fosse fixado diretamente no painel de azulejos. Por fim, o procedimento da terceira medição (PONTO C) foi feito sobre o piso dentro da casa de máquinas.



Figura 6: Pontos de Medição (Autor, 2017)

O equipamento utilizado para as medições das vibrações foi um acelerômetro triaxial, responsável por fazer a leitura em três eixos simultaneamente (X, Y e Z). O eixo definido como X é paralelo à fachada frontal do Pavilhão Arthur Neiva, onde está localizado o painel de azulejos, e a Avenida Brasil, o eixo Y acompanha a direção longitudinal do edifício e o eixo Z a direção de sua altura.

Resultados

Os gráficos de medição da vibração foram feitos a partir da simplificação dos resultados obtidos, pois o acelerômetro utilizado tem a capacidade de realizar 400 medições por segundo. Para efeito dessas análises foi utilizada apenas uma medição por segundo, totalizando 300 resultados, que representam os 5 minutos de medição.

As vibrações medidas no limite do terreno com a Avenida Brasil (Figura 7) e na passarela do primeiro pavimento (Figura 8) possuem a mesma configuração e se encontram dentro dos mesmos limites de alcance, suas acelerações se mantêm na maior parte do tempo entre os valores de $-0,1$ e $0,1$ m/s^2 . Em alguns momentos esses valores de aceleração foram maiores no ponto mais próximo da rodovia, chegando ao dobro de seu alcance. Isso é devido às interferências causadas pelos veículos, como uma frenagem brusca, por exemplo.

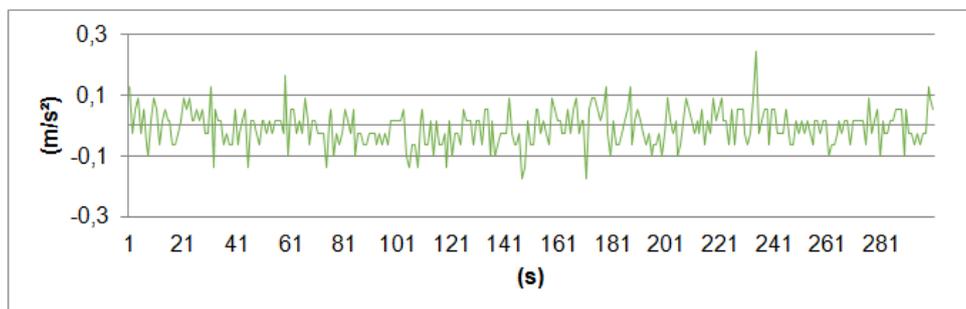


Figura 7: Medição Vibração Limite Terreno Av. Brasil (Fonte: Elaboração própria, 2017)

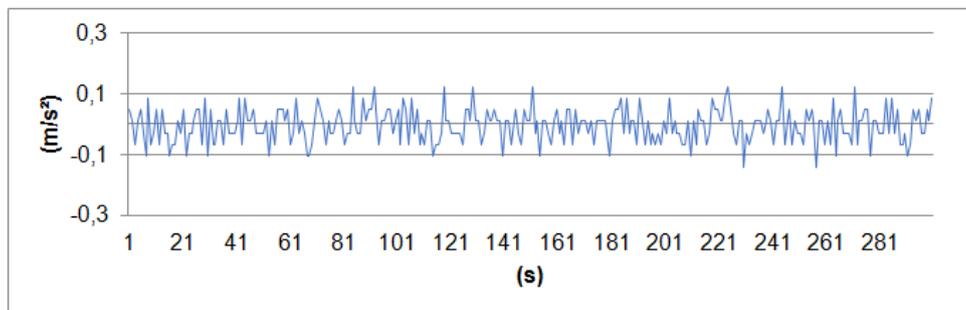


Figura 8: Vibração Frente Pannel de Azulejos (Fonte: Elaboração própria, 2017)

Durante as visitas técnicas realizadas no edifício ao longo do desenvolvimento da pesquisa, através das vibrações percebidas nas esquadrias através da sensação do tato e dos relatos dos usuários do edifício fez-se necessária uma análise acerca da vibração e do ruído emitido pelos

equipamentos de ar-condicionado que são localizados em duas casas de máquinas atrás da estrutura onde se encontra o painel de azulejos.

Com o objetivo de entender o comportamento dessa vibração gerada por esses equipamentos foi realizada também uma medição dentro de uma dessas casas de máquinas, a localizada na circulação norte de acesso ao auditório. A seguir o gráfico de medição da vibração da Casa de Máquinas (Figura 9) apresenta os valores acima dos encontrados no terreno e próximo ao painel de azulejos.

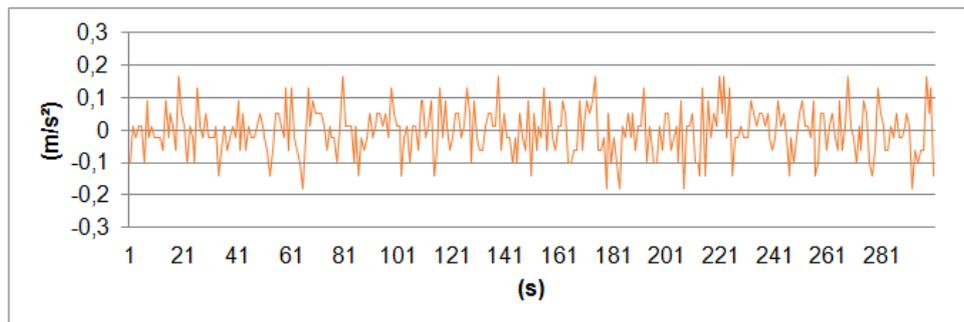


Figura 9: Medição Vibração Casa de Máquinas (Fonte: Elaboração própria, 2017)

As normas que dizem respeito à integridade estrutural e à incomodidade apresentam os valores de limite representados pelo pico de velocidade da partícula (mm/s). Para os limites de integridade estrutural, o Pavilhão Arthur Neiva se enquadra nas categorias 2 (Edificações em alvenaria em boas condições) e 3 (Edificações de alvenaria em más condições de conservação e edificações consideradas de patrimônio histórico) e tem o limite de PVP permitido de 15 e 8 mm/s respectivamente. Para os limites de incomodidade, o valor de PVP indicado pela norma para a categoria de escritórios, que é a que mais se aproxima do objeto é de 0,40 mm/s.

Do ponto de vista da integridade estrutural, os valores encontrados nas medições são inferiores aos limites especificados pela norma, ou seja, indicam que a vibração não provoca danos estruturais à edificação: PVP Painel = 0,86 mm/s e PVP Casa de Máquinas = 1,53 mm/s. Porém, esse fato não descarta a possibilidade da vibração ter colaborado, ao longo do tempo, para um agravamento nos danos de fissuração nos revestimentos e azulejos, por serem elementos mais sensíveis incorporados à estrutura. Além disso, as medições foram realizadas em um momento após a realização de recuperação da pista de rolamento da Avenida Brasil, fato que pode ter contribuído para os baixos valores medidos, visto que, do ponto de vista de vibração rodoviária, a existência de falhas na pista ou desníveis aumentam a possibilidade de danos às edificações vizinhas.

Do ponto de vista da incomodidade, os valores medidos em ambos os pontos superaram o limite especificado pela norma. Próximo ao painel (PONTO B), o resultado corresponde a mais que o dobro do valor limite; e, na casa de máquinas (PONTO C), corresponde a mais que o

triplo. Ou seja, os resultados indicam que a vibração interfere significativamente na qualidade dos espaços da edificação, comprometendo o bem-estar dos seus usuários.

Considerações finais

A utilização do edifício é determinante para a garantia da sua preservação, mas exige a necessidade de adequação às novas demandas e dinâmicas em razão da sua evolução. Implantado às margens da Avenida Brasil, o Pavilhão está diretamente submetido aos impactos do seu tráfego intenso, principalmente durante o horário comercial, período que edifício tem maior utilização. Essa proximidade com a via acaba comprometendo as atividades realizadas nos espaços do Pavilhão, que fica refém de vibrações e ruídos constantes e excessivos.

Do ponto de vista da integridade estrutural, os valores encontrados nas medições de vibração são inferiores aos limites especificados pela norma, ou seja, indicam que a vibração não provoca danos estruturais à edificação. Do ponto de vista da incomodidade, os valores medidos superaram o limite especificado pela norma. Ou seja, os resultados indicam que a vibração interfere significativamente na qualidade dos espaços da edificação, comprometendo o bem-estar dos seus usuários e o desenvolvimento das atividades realizadas neste edifício.

Bibliografia

- (1) COELHO, Carla M. T., ANDRADE, Inês E., COSTA, Renato da Gama-Rosa, MACIEL, Laurinda R. **Recuperação de acervos de arquitetura em Manguinhos: contribuição para estudos de preservação de edifícios modernos.** In: 9º seminário docomomo brasil, Brasília, 2011.
- (2) BRITO, Luiz Antonio. **Avaliação das principais fontes de vibração no meio urbano.** Revista Ambiente Construído, v. 14, n. 4, p. 233-249, Porto Alegre, 2014.
- (3) DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 4150-3 - Vibration in buildings, effect in structures.** 1999.
- (4) BRITO, Luiz Antonio; SOARES, Álvaro Manoel de Souza; NAZARI, Bianca. **Vibração: fonte de incômodo à população e de danos às edificações no meio urbano.** Revista Ambiente Construído, v. 13, n. 1, p. 129-141, Porto Alegre, 2013.
- (5) OLIVEIRA, Benedito Tadeu (coord.), COSTA, Renato da Gama-Rosa, PESSOA, Alexandre José de Souza. **Um lugar para a ciência: a formação do campus de Manguinhos.** Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003.
- (6) DUARTE, Maria Cristina Coelho. **Plano de Ocupação da Área de Preservação do Campus Fiocruz Manguinhos.** In: Simpósio Fluminense de Patrimônio Cultural-Científico: Planos Integrados de Preservação, 2011, Rio de Janeiro/RJ. Simpósio Fluminense de Patrimônio Cultural e Científico. Rio de Janeiro: Casa de Oswaldo Cruz, 2011. v. 01.
- (7) INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2631-2: Mechanical vibration and shock: evaluation of human exposure to whole-body vibration: part 2: vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz).** Geneva, 2003.