

## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DE APLICAÇÃO DO MÉTODO DE SÍSMICA DE REFRAÇÃO PARA OTIMIZAÇÃO DE PROVÁVEIS OBRAS DE AMPLIAÇÃO DE UMA INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO<sup>1</sup>

**DANTAS, Hiago S. (1); GUIMARÃES, Marina V. F. (2); ALVES, Felipe S. (3); TOMÉ, Stella M. G. (4); ARAÚJO, Marina M. (5)**

(1) IFMG, e-mail: dantashiago@gmail.com; (2) IFMG, e-mail: marina.vf.guimaraes@gmail.com; (3) IFMG, e-mail: felipe.alves@ifmg.edu.br; (4) IFMG, e-mail: stella.tome@ifmg.edu.br; (5) IFMG, e-mail: marina.araujo@ifmg.edu.br;

### RESUMO

A ideia preliminar de expansão do IFMG – Campus Avançado Piumhi contempla a construção de um prédio destinado a laboratórios e salas de aula. O conhecimento de propriedades geotécnicas da subsuperfície e de informações referentes à execução do prédio atual do *campus* podem contribuir significativamente para a qualidade do projeto. O presente trabalho visa estudar a viabilidade técnica de aplicação da sísmica de refração para otimização do projeto de ampliação do *campus*. Os dados foram coletados através de entrevistas semiestruturadas e analisados por meio de pesquisa qualitativa. Como resultado do estudo, foram obtidas e registradas informações sobre a prática de execução da sísmica de refração, de características do subsolo local, do prédio atual bem como de prováveis obras de expansão do *campus*. Concluiu-se que é recomendado o uso da sísmica de refração nas áreas de estudo, pois o mesmo poderá auxiliar no mapeamento da estratigrafia do terreno e na detecção de eventuais interferências subterrâneas, podendo ainda contribuir para uma avaliação pós-ocupação das instalações do *campus*, na análise de eventuais danos relacionados a problemas de fundação. Para orientar aplicações da sísmica de refração nas áreas de estudo, foi sugerida uma programação de prospecção por este método no local.

**Palavras-chave:** Sísmica de refração. Método indireto de prospecção. Viabilidade técnica.

### ABSTRACT

*The expansion preliminary idea of IFMG – Campus Avançado Piumhi includes the construction of a building for laboratories and classrooms. Understand the geotechnical properties of the subsurface and information concerning the implementation of the current campus building can significantly contribute to the quality of the project. This work aims to study the technical viability of refraction seismic application in order to optimize the campus expansion project. Data were collected through semi-structured interviews and analyzed using qualitative research. As the study results, were obtained and recorded information about the practical implementation of seismic refraction, of the local*

---

<sup>1</sup> DANTAS, Hiago S.; GUIMARÃES, Marina V. F.; ALVES, Felipe S.; TOMÉ, Stella M. G.; ARAÚJO, Marina M.. Estudo de viabilidade técnica de aplicação do método de sísmica de refração para otimização de prováveis obras de ampliação de uma instituição federal de ensino. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

*underground features, of the current building and probable campus expansion works. It was concluded that the use of seismic refraction in the study areas is recommended, since it may assist in the ground stratigraphy mapping and in the detection of possible underground interference, and may contribute to after occupation evaluation of campus installations, in the analysis of damage related to foundation problems. In order to guide possible seismic refraction applications in the study areas, a prospecting program was suggested.*

**Keywords:** *Seismic refraction. Indirect method of prospecting. Technical viability.*

## 1 INTRODUÇÃO

Uma série de acidentes ocorridos em grandes obras de engenharia, ao fim do século XIX e início do século XX, fomentou o estudo do solo, sua compreensão e manipulação, uma vez que qualquer edificação interage com a superfície terrestre, estando ela em contato direto ou não com a mesma. Citam-se, como exemplos, os sucessivos escorregamentos de terra de Culebra e Cucaracha durante e após a construção do Canal do Panamá, que por vezes bloquearam a passagem de embarcações (CAPUTO, 2014).

A ciência geofísica tem contribuído de forma significativa para o conhecimento do subsolo. Segundo Kearey *et al.* (2009), os métodos geofísicos de prospecção do terreno, embora passíveis de ambiguidades e incertezas na interpretação, podem fornecer informações relevantes para o entendimento sistêmico do comportamento do solo, de modo a complementar os dados das investigações diretas, que são pontuais. Como exemplos dessas informações, citam-se a estratigrafia do terreno, os prováveis tipos de solo e/ou rocha, a profundidade do lençol freático bem como eventuais interferências subterrâneas (tubulações, eletrodutos, fundações pré-existentes, etc.) presentes no subsolo (AZEVEDO & ROCHA, 2010; BARSÉ *et al.*, 2003).

O presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade técnica de aplicação do método geofísico denominado sísmica de refração para otimização de obras de ampliação de uma instituição de ensino. Caso esta viabilidade seja confirmada, o levantamento por sísmica de refração poderá contribuir, por exemplo, para elaboração de perfis geotécnicos do terreno onde se pretende construir novos prédios que possam comportar salas de aula, laboratórios, áreas de lazer e recreação, bem como para uma avaliação pós-ocupação das instalações do IFMG – Campus Avançado Piumhi, na análise de eventuais danos relacionados a problemas de fundação.

A escolha do referido método geofísico se deve à sua ampla aplicação em projetos de Engenharia Civil, no que diz respeito à investigação do subsolo e ainda, de acordo com Herzig (2004, p. 4) por fornecer “uma imagem detalhada das estruturas em subsuperfície, podendo apresentar boa resolução e grande penetração”.

O estudo supracitado possui abordagem qualitativa no qual foram utilizadas, para a coleta de informações, análise documental e entrevistas

semiestruturadas<sup>2</sup>, de forma a averiguar dados relativos à obtenção de características do terreno, do prédio atual e de prováveis instalações do *campus*.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A técnica de sísmica de refração encontra-se explicitada resumidamente a seguir.

### 2.1 O método de sísmica de refração

De acordo com Kearey *et al.* (2009), no método de sísmica de refração, as ondas sísmicas são geradas por uma fonte controlada e se propagam em subsuperfície. Algumas delas retornam à superfície após sofrerem refração nas interfaces entre as camadas geológicas em profundidade, podendo ser detectadas por geofones distribuídos ao longo do perfil que se deseja prospectar.

Os geofones registram as vibrações do solo e os tempos de chegada a diferentes distâncias em relação à fonte, que são convertidos em velocidade de propagação das ondas sísmicas, de modo que as diferenças entre essas velocidades no perfil são utilizadas para o cálculo das espessuras das camadas de solo.

### 2.2 Ondas sísmicas

As ondas sísmicas são de baixa energia e curta duração, propagadas em todas as direções na forma de pulsos a partir de uma fonte sísmica. A passagem destas através de um sólido não altera a massa do material, por isso, denominadas ondas elásticas de corpo (TEIXEIRA, 2013).

Segundo De Azevedo (2010), as ondas de corpo podem ser divididas em: ondas P, que se propagam longitudinalmente, e ondas S, de propagação transversal. Para fins de engenharia, tem-se maior aplicação da sismologia de ondas de cisalhamento (ou ondas S), nas quais as medidas das velocidades para camadas mais próximas à superfície permitem o cálculo do coeficiente de Poisson, que, de acordo Kearey *et al.* (2009), é um indicador litológico o qual fornece informações sobre as propriedades geotécnicas do terreno bem como sua estratigrafia.

A Figura 1 a seguir apresenta valores e intervalos de velocidade de ondas

---

2 Segundo FLICK (2004), entrevista semiestruturada é aquela em que o entrevistado possui amplo conhecimento sobre o tópico em estudo. Para a obtenção de informações o entrevistador utiliza um roteiro previamente estabelecido, complementando com outras questões inerentes às circunstâncias momentâneas à entrevista.

sísmicas, obtidas em laboratório, típicos para uma ampla variedade de materiais terrestres.

Figura 1 – Velocidades de propagação de ondas sísmicas em materiais terrestres

	Vp (km/s)
<b>Materiais inconsolidados</b>	
Areia (seca)	0,2 - 1,0
Areia (saturada em água)	1,5 - 2,0
Argila	1,0 - 2,5
Til glacial (saturado em água)	1,5 - 2,5
Permafroste	3,5 - 4,0
<b>Rochas sedimentares</b>	
Arenitos	2,0 - 6,0
Arenito terciário	2,0 - 2,5
Arenito Pennant (Carbonífero)	4,0 - 4,5
Quartzito cambriano	5,5 - 6,0
Calcários	2,0 - 6,0
Greda cretácea	2,0 - 2,5
Oólitos jurássicos e calcário bioclássico	3,0 - 4,0
Calcário carbonífero	5,0 - 5,5
Dolomitos	2,5 - 6,5
Sal	4,5 - 5,0
Anidrita	4,5 - 6,5
Gipso	2,0 - 3,5
<b>Rochas ígneas/metamórficas</b>	
Granito	5,5 - 6,0
Gabro	6,5 - 7,0
Rochas ultramáficas	7,5 - 8,5
Serpentinto	5,5 - 6,5
<b>Fuidos dos poros</b>	
Ar	0,3
Água	1,4 - 1,5
Gelo	3,4
Petróleo	1,3 - 1,4
<b>Outros materiais</b>	
Aço	6,1
Ferro	5,8
Alumínio	6,6
Concreto	3,6

Fonte: Kearey *et al.*, 2009

### 2.3 Sistema de aquisição de dados sísmicos

Para aquisição dos dados necessários à caracterização dos perfis geológicos-geotécnicos, o sistema de aquisição deve ser constituído pelos seguintes instrumentos: uma fonte sísmica repetível, geofones e um sismógrafo multicanal (CHIOSSI 2013).

Kearey *et al.* (2009) descrevem fonte sísmica como uma região localizada, dentro da qual uma repentina liberação de energia gera ondas mecânicas. Estas ondas são captadas pelos geofones e registradas pelo sismógrafo, que grava o tempo decorrido entre a liberação da energia e a chegada da primeira onda P.

Essas informações são processadas utilizando-se pacotes de *softwares* computacionais, que identificam e realizam automaticamente o mapeamento das camadas componentes do solo estudado (KEAREY *et al.*, 2009).

### 3 METODOLOGIA

Foram obtidos dados a respeito da prática de execução do método de sísmica de refração junto a empresa especializada na execução desta técnica bem como de características do subsolo local, do prédio atual e prováveis instalações do IFMG – *Campus Avançado Piumhi*.

Para levantamento das informações supracitadas, foram realizadas seis entrevistas semiestruturadas:

- A primeira foi efetuada em Piumhi-MG, em 10 de junho de 2015, com o então Diretor de Ensino, Pesquisa e Extensão da referida instituição, professor Humberto Coelho de Melo e abordou ideias preliminares de prováveis obras de ampliação do *campus* associadas ao projeto anterior à construção do prédio atual (ver apêndice A: entrevista semiestruturada A);
- A segunda, concretizada em Piumhi-MG, em 16 de outubro de 2015, foi direcionada ao engenheiro civil Sr. Nivaldo Alves de Oliveira, responsável técnico pelo projeto e execução da obra de construção da edificação existente no *campus* e resultou em dados sobre a estratigrafia do terreno, a terraplenagem e o projeto de fundações do prédio atual (ver apêndice B: entrevista semiestruturada B);
- A última, realizada em 14 de outubro de 2015, foi aplicada junto à empresa GPR Geofísica Ltda., em São Paulo-SP, forneceu informações referentes à prática de execução do levantamento por sísmica de refração (ver apêndice C: entrevista semiestruturada C).

As informações coletadas foram analisadas através do método de pesquisa qualitativa<sup>3</sup>, de forma a embasar o estudo de viabilidade técnica que é realizado no tópico seguinte.

### 4 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA

De acordo com Shull *et al.* (2004), o objetivo principal de um estudo de viabilidade não é encontrar uma resposta definitiva, mas sim criar um corpo de conhecimento sobre a aplicação da tecnologia. Neste sentido, estuda-se a viabilidade da aplicação do método de sísmica de refração nas áreas remanescentes do IFMG – *Campus Avançado Piumhi*, isto é, se o mesmo atende de forma satisfatória aos objetivos inicialmente definidos.

---

3 “A pesquisa qualitativa parte da noção da construção social da realidade em estudo, está interessada nas perspectivas dos participantes, em suas práticas do dia a dia e em seu conhecimento cotidiano em relação a questão em estudo.” (FLICK, 2009).

Para tanto, é necessária uma descrição dos objetos de estudo sob o ponto de vista técnico, localizando-os geograficamente e identificando suas características mais relevantes.

## 4.1 Caracterização do terreno

### 4.1.1 Situação Geográfica

As áreas de estudo do presente trabalho estão localizadas na porção norte do município de Piumhi, situado na mesorregião oeste do Estado de Minas Gerais, a 256 quilômetros de Belo Horizonte. A cidade de Piumhi possui cerca de 31.883 habitantes.

Conforme apresentado na Figura 2 a seguir, as áreas de estudo estão situadas junto ao prédio, localizado na Rua Severo Veloso, 1.880, esquina com a Avenida José Alvarenga Peixoto, próximo ao Poliesportivo Municipal Totinha Rezende, no Bairro Nova Esperança, Piumhi-MG. A área de estudo 1 possui cerca de 5.324 m<sup>2</sup>, perímetro em torno de 310 metros, e encontra-se em frente ao prédio existente. A área de estudo 2 tem, aproximadamente, 14.000 m<sup>2</sup> e 490 metros de perímetro, localizando-se à direita do prédio atual.

Figura 2 – Imagem aérea do terreno do IFMG – Campus Avançado Piumhi, em 2013, com detalhe das áreas de estudo



Fonte: Adaptado de Google Earth™. Acesso em: 15/10/2015

### 4.1.2 Estratigrafia do Terreno

Conforme entrevista semiestruturada B, foram executadas sondagens a percussão no terreno, em agosto de 2007, as quais permitiram a obtenção de características do subsolo.

Segundo informações fornecidas nesta entrevista, a estratigrafia do terreno das áreas de estudo é marcada por duas camadas homogêneas de solo: a mais superficial, de coloração laranja avermelhada, é composta de silte



argiloso e possui aproximadamente seis metros de espessura; a mais profunda, amarelada, é constituída de silte arenoso e apresenta boa capacidade de suporte; em ambas as camadas de solo, não foi identificada a presença de matacões e/ou pedregulhos.

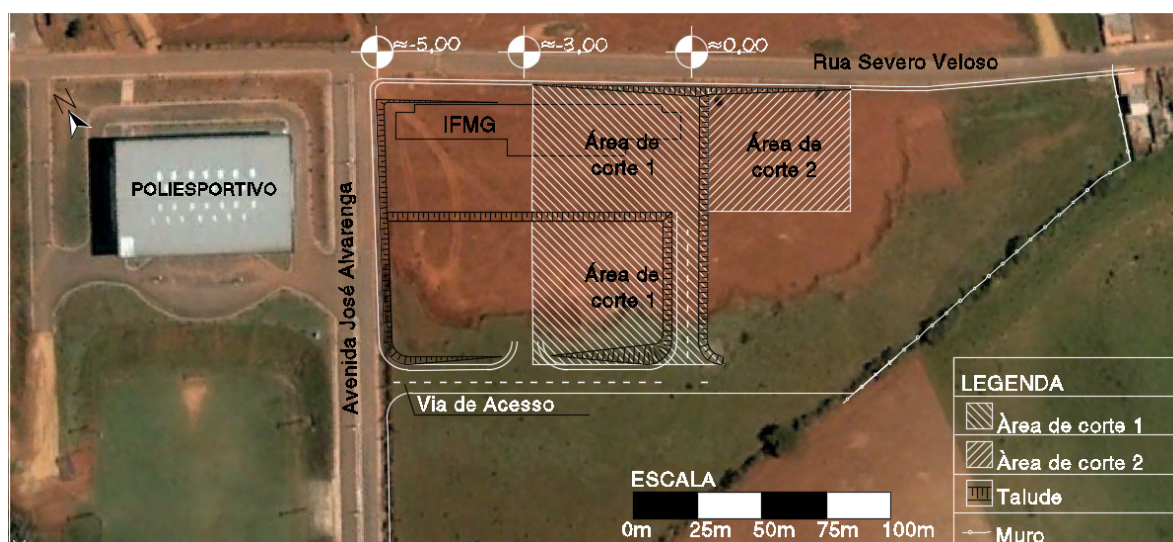
Nas sondagens a percussão supracitadas, executadas no período de estiagem, não foi encontrado o lençol freático, tampouco o topo do maciço rochoso. No entanto, cabe ressaltar a existência de um poço tubular profundo com 27 metros de comprimento, ao lado do prédio atual do campus.

#### 4.1.3 Histórico de terraplenagem

Através da entrevista semiestruturada B, foram obtidas informações a respeito dos serviços de terraplenagem destinados à construção das atuais instalações da instituição de ensino, os quais compreenderam escavação e aterro.

De acordo com a Figura 3 a seguir, as áreas de corte estão distribuídas nas porções central e leste do terreno. Na área de corte 1, a altura de escavação é variável, apresentando valor máximo em torno de três metros, à direita, que diminui gradativamente à esquerda, sendo nulo após cerca de 70 metros de extensão em planta. Na área de corte 2, a altura de escavação também é variável, contendo valor máximo de aproximadamente um metro e meio, à esquerda, que diminui gradualmente à direita, sendo nulo após cerca de 65 metros de extensão em planta.

Figura 3 – Imagem aérea do terreno do IFMG – Campus Avançado Piumhi, em 2003, com detalhe das áreas de corte

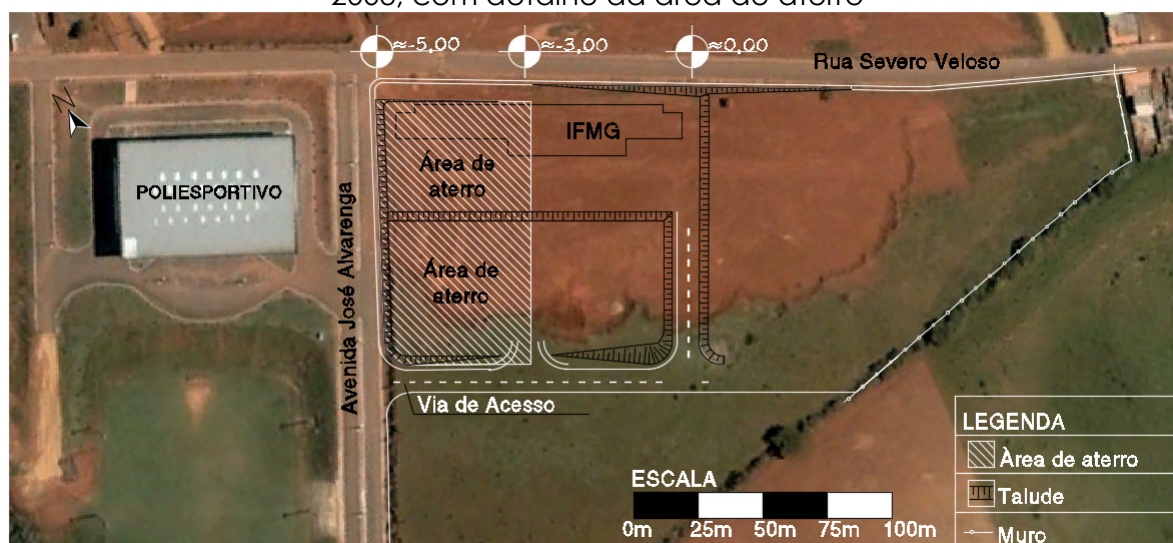


Fonte: Adaptado de Google Earth™. Acesso em: 15/10/2015

A Figura 4 a seguir apresenta a distribuição da área de aterro, que está localizada na porção oeste do terreno. A altura de aterro é variável, apresentando valor máximo em torno de seis metros, à esquerda, que

diminui gradativamente à direita, sendo nulo após cerca de 60 metros de extensão em planta.

Figura 4 – Imagem aérea do terreno do IFMG – Campus Avançado Piumhi, em 2003, com detalhe da área de aterro



Fonte: Adaptado de Google Earth™. Acesso em: 15/10/2015

#### 4.1.4 Ocorrência de interferências e benfeitorias

De acordo com a entrevista semiestruturada B, não há registro de interferências subterrâneas nas áreas de estudo, tais como tubulações, eletrodutos, fundações pré-existentes, entre outras.

#### 4.1.5 Prédio Atual

A atual edificação da instituição apresenta área total construída de aproximadamente 3.450 m<sup>2</sup>, distribuída em dois pavimentos, e contém nove salas de aula, nove salas destinadas ao setor administrativo, uma biblioteca, um auditório, quatro toaletes, um restaurante e seis laboratórios divididos nas seguintes disciplinas: Informática (dois laboratórios), Química Experimental, Física Experimental, Topografia e Desenho Técnico e Arquitetônico. O prédio está localizado em frente a um estacionamento pavimentado que possui 72 vagas para carros, 21 vagas para motocicletas e cerca de 2.450 m<sup>2</sup>.

De acordo com a entrevista semiestruturada B, na construção da edificação atual, foram utilizadas fundações do tipo estaca Strauss<sup>4</sup> com profundidade de assentamento que variou de seis a 14 metros. As estacas de maior comprimento foram executadas na área de aterro. Nas áreas de corte, foram executadas estacas de menor profundidade. De forma geral, foram utilizadas duas estacas por pilar, exceto em casos de maior esforço na estrutura, nos quais foram executadas três estacas por pilar.

4 “Estaca executada por perfuração do solo com uma sonda ou piteira e revestimento total com camisa metálica, realizando-se o lançamento do concreto e retirada gradativa do revestimento com simultâneo apiloamento do concreto.” (NBR 6122:2010).



#### 4.1.6 Natureza e finalidade das futuras edificações

A ideia preliminar de expansão do IFMG – *Campus* Avançado Piumhi, conforme entrevista semiestruturada A, contempla a construção de uma instalação predial de dois pavimentos, com porte similar ao do prédio existente, destinada a laboratórios de prática de Construção Civil, Geotecnia, Materiais de Construção, Instalações Elétricas, Instalações Hidrossanitárias, Desenho Técnico e Arquitetônico, etc., bem como salas de aula e área arborizada de recreação e convivência.

### 5 CONCLUSÃO

É recomendado o uso da técnica de levantamento por sísmica de refração nas áreas onde provavelmente serão executadas obras de ampliação da instituição federal de ensino, em virtude das razões explicitadas a seguir.

É razoável admitir que a fundação de prováveis instalações do *campus* possa ser profunda, atingindo profundidade de assentamento entre seis e 14 metros, conforme fundação do prédio atual da referida instituição, pois aquelas provavelmente apresentarão porte similar a este. A técnica de sísmica de refração poderá apresentar, na subsuperfície estudada, profundidade de prospecção em torno de 30 metros, possibilitando, assim, a elaboração de um perfil praticamente contínuo das interfaces entre as camadas de solo e/ou rocha, dado este não fornecido pelas investigações diretas.

O método geofísico supracitado poderá contribuir para o mapeamento da camada de solo mais profunda identificada pelas investigações diretas, de cor amarela, constituída de silte arenoso, cujas propriedades mecânicas são adequadas ao assentamento da fundação de prováveis instalações, bem como do aterro, que possivelmente não apresenta boa capacidade de suporte, homogeneidade nem estabilidade, visto que não houve controle laboratorial de sua compactação, para evitar que nesta área seja feito o assentamento da fundação de obras de ampliação da infraestrutura do *campus*.

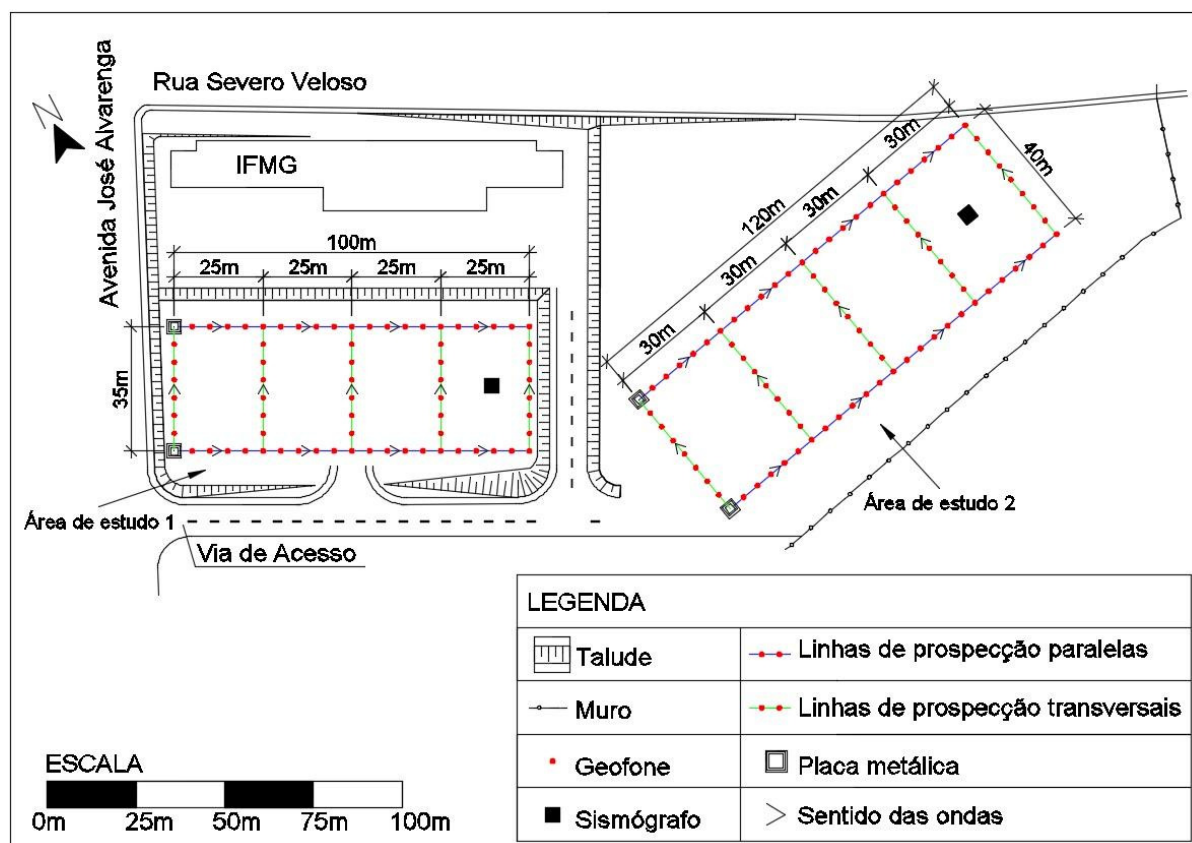
A técnica de sísmica de refração poderá ainda identificar elementos que possam influenciar a execução de futuras obras, embora não tenha sido indicado a presença de interferências subterrâneas nas proximidades das áreas de estudo.

Adicionalmente, a provável ampliação da estrutura física da instituição aumentará o seu consumo de água. Tendo em vista que o mesmo utiliza água proveniente de um poço tubular profundo com cerca de 27 metros de comprimento, a execução de novos poços seria uma alternativa razoável para suprir a nova demanda. O levantamento por sísmica de refração poderá, assim, contribuir para o mapeamento do lençol freático e, por consequência, para elaboração do projeto de tais poços.

Por fim, a sísmica de refração poderá ser utilizada em uma avaliação pós-ocupação das instalações atuais e futuras da instituição, para análise de eventuais danos nas edificações relacionados a recalques<sup>5</sup> de elementos de fundação (tais como ruptura de tubulações, perda de funcionalidade de esquadrias, modificação prejudicial de caimentos de drenagem, ou, até mesmo, ruptura parcial ou total de elementos estruturais), decorrentes, por exemplo, de rebaixamento de lençol freático.

Com base nas questões levantadas anteriormente, para orientar possíveis aplicações da técnica de sísmica de refração nas áreas de estudo, é proposta, na Figura 5 a seguir, uma programação de prospecção por sísmica de refração nas áreas de estudo. Cabe ressaltar que a mesma deverá ser confirmada em campo por meio de levantamentos preliminares.

Figura 5 – Programação proposta de prospecção por sísmica de refração nas áreas de estudo



Fonte: Os autores

O levantamento proposto na Figura 5 encontra-se detalhado no Quadro 1 a seguir e no texto subsequente.

5 Recalque – Movimento vertical descendente de um elemento de fundação.

Quadro 1 – Detalhamento da programação de prospecção

Área de estudo	Linha de prospecção	Número de linhas	Extensão (metros)	Quantidade de geofones por linha
1	Paralela	2	100	20
	Transversal	5	35	5
2	Paralela	2	120	24
	Transversal	5	40	6

Fonte: Os autores

Sugere-se a utilização de geofones com 14 ou 40 Hz de frequência de operação, cravados no terreno a cada cinco metros em planta, bem como o uso de impacto de uma marreta sobre placa metálica semienterrada para servir de fonte de ondas sísmicas, tendo em vista que esta fonte seria suficiente para atingir a profundidade de investigação desejada (em torno de 30 metros), sem causar danos às construções circunvizinhas, o que poderia ocorrer no emprego de outras fontes sísmicas, tais como queda de peso e explosivos (DE AZEVEDO, 2010).

### REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações – Termos e Definições. Rio de Janeiro, 2010.

BARSÉ, L., SENTINGER, F. M., GORELIK, B., DUARTE, C. L. S., SALVADORETTI, P., COSTA, J. F. C. L., & KOPPE, J. C.. Determinação da espessura do manto de intemperismo utilizando sísmica de refração rasa na área de Seival-RS. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/rede-carvao/Sess%C3%B5es\\_C1\\_C2\\_C3/C3\\_ARTIGO\\_03.pdf](http://www.ufrgs.br/rede-carvao/Sess%C3%B5es_C1_C2_C3/C3_ARTIGO_03.pdf)> Acesso em: 15 nov. 2015.

CAPUTO, H. P.; **Mecânica dos Solos e suas aplicações**: Fundamentos. 6. ed. v. 1. 248 p. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

CHIOSSI, N. J.. **Geologia de Engenharia**. 3. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

DE AZEVEDO, P. A.; ROCHA, M. P.. Estudo do método geofísico de sísmica de refração com aplicação no futuro trecho norte do metrô de Brasília. 2010. Disponível em: <<https://www.ucb.br/sites/100/118/TCC/2%C2%BA2010/TCCPAULOARAUJO.pdf>> Acesso em: 10 out. 2015.

FLICK, U.; **Desenho da pesquisa qualitativa**: Coleção Pesquisa Qualitativa. Porto Alegre: Bookman, 2009.

FLICK, Uwe. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução de Sandra Netz. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

HERZIG, R. L.. Integração das técnicas de refração e reflexão sísmica rasa aplicada ao estudo de barragens-UHE Piraju II. Revista Brasileira de Geofísica, vol.22 no.2 São Paulo Mai/Ago, 2004.

KEAREY, P.; BROOKS, M.; IAN, H.. **Geofísica de exploração**. Tradução de Maria Cristina Moreira Coelho. São Paulo: Oficina de textos, 2009. 438 p.

SHULL, F.; MENDONÇA, M.; BASILI, V.; CARVER, J.; MALDONADO, J. C.; FABBRI, S.; TRAVASSOS, G.; FERREIRA, M. C.. Knowledge-Sharing Issues in Experimental Software Engineering. **Empirical Software Engineering**. 1-2. ed. v. 9, mar. 2004.

TEIXEIRA, W. L. E.. Um estudo das condições de percolação e estabilidade em barragens de terra mediante métodos geofísicos: caso do dique de Sant Llorenç de Montgai-Espanha. 2013. Disponível em:  
<<http://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/18368>> Acesso em: 20 nov. 2015.

**APÊNDICE A – Entrevista Semiestruturada Aplicado Prof. Humberto Coelho de Melo. Piumhi/MG.**

---

**ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA A**

<b>Quais as ideias preliminares de obras de ampliação da infraestrutura do campus?</b>
Com desejo de implantar o curso técnico integrado algumas infraestruturas devem ser melhoradas, tais como, sala de aula e laboratórios adequados, bem como, a construção de área poliesportiva.
<b>Qual seria o porte de prováveis futuras edificações?</b>
Área construída seria de cerca de 1.500 m <sup>2</sup> divididos em dois pavimentos.

Piumhi, 08 de junho de 2015

Humberto Coelho de Melo  
Engenheiro Civil



**APÊNDICE B – Entrevista Semiestruturada Aplicada ao Sr. Nivaldo Alves de Oliveira, Piumhi/MG.**

**ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA B**

<b>Quais investigações geotécnicas foram realizadas no terreno?</b>
Foi executada sondagem a percussão.
<b>Qual a estratigrafia do terreno?</b>
O solo é homogêneo, pouco variável e de grande profundidade, este é composto por duas camadas principais: a mais superficial de coloração laranja avermelhado apresenta características de silte argiloso, esta camada tem aproximadamente 6 metros de profundidade; a segunda, de cor amarela, é composta de silte arenoso e apresentou propriedades mecânicas adequadas ao apoio das fundações. A prospecção do terreno não atingiu o lençol freático, no entanto, é importante ressaltar que a mesma foi realizada em agosto, no período de estiagem. Posteriormente, durante a perfuração do poço artesiano presente no <i>campus</i> , foi encontrada água à cota de 27 metros. O topo do maciço rochoso não foi encontrado, bem como a presença de matacões e pedregulhos.
<b>Como se procedeu a terraplenagem?</b>
Os trabalhos de terraplenagem compreenderam áreas de escavação e aterro. Na área do atual prédio houve cortes de 3,5 metros na porção Leste com aproximadamente 50 metros de extensão. Na metade à Noroeste da área houve aterro de 6 metros com aproximadamente 60 metros de comprimento. No terreno atualmente destinado a estacionamento (não pavimentado) houve aterro de 6 metros. Não houve controle laboratorial da compactação do aterro.
<b>Qual a fundação executada?</b>
Foi executada fundação do tipo estaca Strauss, que variou de 6 a 14 metros de profundidade.
<b>É de seu conhecimento a existência de interferências no subsolo?</b>
Não.

Piumhi, 16 de Outubro de 2015

Nivaldo Alves de Oliveira  
Engenheiro Civil

**APÊNDICE C – Entrevista Semiestruturada Aplicada ao Sr. Wagner França Auino. Geofísico da GPR Geofísica Ltda.. São Paulo/SP**

---

**ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA C**

<b>Qual a profundidade máxima de prospecção prevista para o terreno do Campus Avançado Piumhi, utilizando-se o método de sísmica de refração?</b>
---

A profundidade de interesse deve ser de 30 metros no máximo. Neste caso, a sísmica de refração utilizando como fonte de sinal um impacto de martelo em placa de metal possui este alcance em subsuperfície, sem necessidade de outras fontes (queda de peso ou explosivos).
---

<b>Qual seria a programação de investigação por sísmica de refração (detalhamento da prospecção: linhas de prospecção, dimensionamento dos geofones, etc.) mais indicada para o artigo?</b>
---

Seria necessária a execução de linhas transversais e longitudinais nas áreas de interesse, sendo que a quantidade e o posicionamento desses perfis dependem das dimensões e acessibilidade dos locais a serem investigados, de preferência em pontos sem pavimento para cravação dos geofones. Além disso, é recomendável que cada linha sísmica possua um comprimento de 120m, com adoção de geofones de 14Hz de frequência de operação e tenham uma distância de separação de 5,0m.
---

São Paulo, 14 de Outubro de 2015

Wagner França Aquino  
Geofísico