

**IBAPE - XII COBREAP - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE
AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, BELO HORIZONTE/MG**

**DANOS EM EDIFICAÇÕES PROVENIENTES DE PATOLOGIAS DE FUNDAÇÕES,
IMPLANTADAS EM SOLOS COLAPSÍVEIS**

FERREIRA, CLÁUDIO VIDRIH

Engenheiro Civil e Físico, Mestre e Doutor em Engenharia
Professor Assistente Doutor da Faculdade de Engenharia da Unesp/Bauru/SP.
CREA/SP Nº 060 091381 1 IBAPE/SP. sócio Nº
Rua Capitão João Antonio, 12-06 - 17013-470 - Bauru SP
fone (0xx14) 234 3194 e-mail: vidrih@feb.unesp.br

LOBO, ADEMAR DA SILVA

Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Engenharia
Professor Assistente Doutor da Faculdade de Engenharia da Unesp/Bauru/SP.
CREA/SP Nº 060 035456 5
fone (0xx14) 234 8260 e-mail: lobo@feb.unesp.br

RENOFIO, ADILSON

Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Engenharia
Professor Assistente Doutor da Faculdade de Engenharia da Unesp/Bauru/SP.
CREA/SP Nº 060 068629 6
fone (0xx14) 224 3964 e-mail: renofio@feb.unesp.br

ALBIERO, JOSÉ HENRIQUE

Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Engenharia
Professor Doutor Associado Aposentado da Escola de Engenharia de São Carlos/SP - USP.
CREA/SP Nº 060 011772 0
fone (0xx16) 224 5416 e-mail: albiero@sunrise.com.br

Resumo.

Neste trabalho apresenta-se um caso real de obra, no qual a infiltração de água no terreno, de características colapsíveis, conduziram ao aparecimento de graves anomalias, provenientes de significativos recalques de pilares situados na praça central de um condomínio comercial. A magnitude dos recalques atuantes provocou sérios danos nos quatro pilares centrais que levaram à ruptura das vigas de ligação dos aludidos pilares, compreendendo o concreto e parte da armadura superior. A complexidade das patologias motivaram a realização de uma ampla perícia, levada a cabo por uma equipe de engenheiros civis, durante cerca de quatro meses. O desenvolvimento do trabalho consistiu numa ampla pesquisa através de instrumentação e acompanhamento do comportamento das fundações e dos pilares da praça central do prédio. Os resultados do monitoramento permitiram avaliar a extensão e identificar a origem das patologias existentes no local, constatar a gravidade do problema, a velocidade dos recalques e o diagnóstico das patologias atuantes. São apresentadas as soluções adotadas visando restabelecer as condições de segurança e o desempenho da edificação.

Palavras-Chave: Solos Colapsíveis, Recalques de Fundações, Tubulões, Patologias, Fundações.

DANOS EM EDIFICAÇÕES PROVENIENTES DE PATOLOGIAS DE FUNDAÇÕES IMPLANTADAS EM SOLOS COLAPSÍVEIS

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho apresenta-se um caso real de obra, no qual a infiltração de água no terreno, de características colapsíveis, conduziram ao aparecimento de graves anomalias, provenientes de significativos recalques de pilares situados na praça central de um condomínio comercial. A magnitude dos recalques atuantes provocou sérios danos nos quatro pilares centrais que levaram à ruptura das vigas de ligação dos aludidos pilares, compreendendo o concreto e parte da armadura superior. A complexidade das patologias motivou a realização de uma ampla pesquisa, levada a cabo por um período de quatro meses, que consistiu na instrumentação e acompanhamento do comportamento das fundações e dos pilares da praça central do prédio. Os resultados do monitoramento permitiram avaliar a extensão e identificar a origem das patologias existentes no local, constatar a gravidade do problema, a velocidade dos recalques e o diagnóstico e terapia das patologias existentes.

A pesquisa realizada consistiu de investigações do subsolo, com coleta de amostras, instrumentação dos pilares, através de relógios comparadores, e levantamentos de nível, periódicos, acompanhando os deslocamentos dos pilares.

Foi realizada uma documentação fotográfica das anomalias verificadas, utilizada como material ilustrativo dos problemas constatados

No final, apresenta-se a tomada de decisão para restabelecer as condições de segurança e desempenho da edificação, destacando-se a solução adotada para recompor a vida útil e o pleno desempenho da edificação.

2. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

Das vistorias efetuadas, constatou-se a existência de uma praça central no referido condomínio, contendo, no centro, uma escada de acesso ao 1º pavimento, suportada por três apoios, e quatro pilares (P₁₃₄, P₁₃₅, P₁₃₆ e P₁₃₇) dispostos nos cantos da aludida praça do condomínio. A figura 01 mostra um esquema, sem escala, da disposição dos pilares existentes na praça central do complexo comercial.

Nas vistorias, constatou-se:

- que o prédio do Condomínio, com idade real de 15 anos, foi projetado em 2 pavimentos compostos por lojas;
- que a construção, de alvenaria e concreto armado, apresenta forros em laje maciças de concreto armado;
- que o prédio original foi concebido e executado com laje de cobertura, impermeabilizada, sem telhado;
- que o acesso ao 1º pavimento do prédio é realizado por 2 escadas rolantes e uma escada de concreto armado. A escada de concreto armado apoia-se, na parte inferior, em viga baldrame e, na parte superior, na viga de piso que liga os pilares P₁₃₄ e P₁₃₆;
- que na região central, a escada muda de direção apoiando se em pilar de concreto armado de seção circular de diâmetro 0,40 m. A foto 01 mostra uma vista parcial da praça central, onde se destaca a escada de concreto armado.

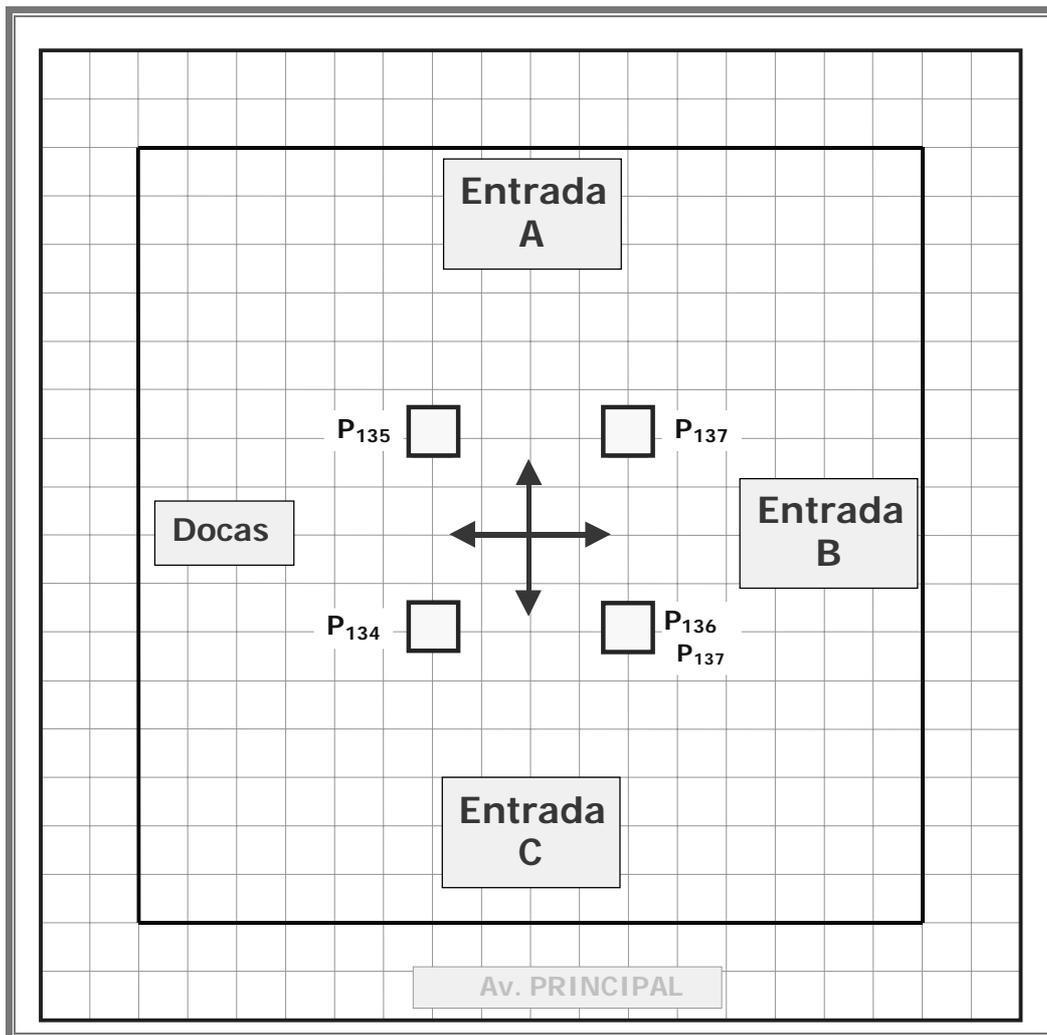


Figura 01. Localização dos quatro pilares da praça central do Condomínio.



Foto 01. Vista parcial da escada de concreto armado.

Das análises efetuadas nos projetos fornecidos, observou-se:

- que a estrutura portante da edificação é constituída de pilares, vigas e lajes tipo cogumelo, de concreto armado, moldados “*in loco*”;
- que a fundação é em tubulões a céu aberto, com base alargada;
- que a estrutura foi concebida com juntas de dilatação, que separam parcialmente a estrutura em cinco partes, que deveriam se comportar de forma independente. Quatro dessas juntas existentes são paralelas as quatro entradas principais do condomínio comercial, e deveriam permitir movimento relativo entre as partes, principalmente movimentações decorrentes de variações térmicas;
- que essas cinco partes, em que a estrutura foi parcialmente dividida, se compõem de quatro setores, aproximadamente de mesmo tamanho, compreendidos entre as quatro entradas principais (A, B, C e D), e mais a estrutura da praça central do prédio;
- que a estrutura da praça central é composta de quatro pilares de seção quadrada, de lado 0,60 metros, apoiados em tubulões a céu aberto, 4 vigas na altura da laje de piso, e 4 vigas na altura da laje de cobertura;
- que essas 8 vigas, com altura superior a 2,0 metros e, aproximadamente, 15 metros de comprimento, são separadas das lajes por juntas de dilatação, possuindo, na parte superior, um console de 0,20 m de largura, onde as lajes de piso e cobertura se apoiam, separadas por placas de madeirite;
- que as lajes, no encontro com as vigas, são simplesmente apoiadas no console, numa extensão de 15 metros, apresentando, inexplicavelmente, armaduras adentrando os pilares, interrompendo as juntas existentes.
- Não se encontrou uma explicação plausível, para esse detalhe construtivo, extremamente importante para o comportamento da estrutura, como um todo, pois essa interligação das armaduras das lajes com os pilares acaba interligando as 5 subdivisões da estrutura e não permitindo que elas se movimentem livremente por ações de dilatação e contração, provocadas por variações térmicas.

Das informações obtidas através da administração do condomínio, não se constatou nos arquivos a existência de relatórios de sondagem de simples reconhecimento do solo local. Entretanto, pela localização do empreendimento e pelo que pode ser observado, é provável que o tipo de solo do local seja o representativo da região e grande área do Estado de São Paulo. O solo típico do local é bastante homogêneo e classificado como uma areia fina argilosa, residual de arenito. Nos primeiros metros o SPT é muito baixo, variando entre 2 e 3, ocorrendo um crescimento praticamente linear com a profundidade, até por volta de 10 a 14m. A partir desta cota há uma brusca variação, com sensível crescimento da resistência do terreno.

3. PESQUISA REALIZADA

Considerando-se o quadro observado na praça central do condomínio, foi proposto o monitoramento estrutural dessa parte do edifício, consistindo em instrumentação e acompanhamento do comportamento das fundações e dos pilares da praça central do edifício. A pesquisa visou fornecer dados que permitissem avaliar as condições de segurança das fundações e estruturas, após a ocorrência de infiltrações de água no subsolo, na região dos pilares da praça. Os resultados obtidos permitiram estagnar as anomalias observadas e forneceram subsídios para definição das soluções adotadas e correção das patologias constatadas.

Os resultados obtidos e as medidas adotadas também permitiram fomentar o banco de dados existente sobre o solo colapsível da região de Bauru, contribuindo para um aprimoramento de futuros projetos geotécnicos e publicação de artigos em eventos científicos.

4. METODOLOGIA UTILIZADA

4.1. Investigação do subsolo

Com auxílio de trado, tipo cavadeira, foram coletadas amostras de solo ao longo da profundidade. Estas amostras, sacadas em datas diferentes, permitiram verificar o teor de umidade do solo local, de características colapsíveis.

4.2. Investigação do comportamento dos pilares e vigas

Para avaliar o comportamento do conjunto vigas-pilares da praça central do condomínio foram instalados 4 (quatro) relógios comparadores (extensômetros mecânicos), com precisão de 0,01mm, sendo 2 (dois) em vigas sob a laje do 1º pavimento, junto aos pilares P₁₃₄ e P₁₃₅ e 2 (dois) nos pilares P₁₃₅ e P₁₃₆, sob a laje de cobertura. Foram efetuadas medidas periódicas, ao longo do tempo, dos deslocamentos dos pilares e vigas, visando estudar o comportamento dessas estruturas ao longo do tempo.

Com auxílio de termômetro foram efetuadas medidas de temperatura, com o objetivo de se comparar e estudar a influência da variação térmica nos valores dos deslocamentos medidos com os relógios comparadores.

4.3. Investigação dos Recalques dos pilares

Em diversos pilares do edifício do Condomínio, foram instaladas réguas de referência de nível de 100mm de comprimento, objetivando acompanhar os recalques relativos dos pilares da praça central do complexo comercial. As réguas foram fixadas utilizando-se de cola, a base de epoxi. Na data da instalação, foram efetuadas as primeiras leituras com auxílio de um nível ótico de precisão, devidamente calibrado, que permite leituras nas réguas fixadas nos pontos monitorados, com precisão de décimos de milímetros, como especificam as normas brasileiras, relativas ao assunto.

Posteriormente, foram efetuadas leituras periódicas, comparando-se a posição relativa das réguas de referência instaladas nos pilares. Os resultados obtidos foram lançados em planilha. A cada levantamento realizado foram efetuadas análises e interpretações das possíveis variações de nível dos pilares, para detectar a evolução das anomalias.

Este trabalho permitiu acompanhar a evolução dos recalques absolutos e diferenciais dos principais pilares da edificação, por um período suficiente para se emitir parecer sobre a necessidade, ou não de estudos complementares.

4.4. Acompanhamento Global

Neste contexto, através de instrumentação foi possível acompanhar o comportamento das vigas e dos pilares (P₁₃₄, P₁₃₅, P₁₃₆ e P₁₃₇) da praça principal do edifício e suas respectivas fundações.

Assim, foram pesquisados: o deslocamento da estrutura central do edifício, o solo local e medidos e tabelados os recalques diferenciais específicos. Os resultados permitiram constatar o caráter colapsível do solo local, conhecer as anomalias estruturais existentes e a adoção de medidas e elaboração de projetos visando a correção das patologias constatadas.

4.5. Atividades desenvolvidas

No desenvolvimento deste trabalho foram realizadas as atividades listadas abaixo:

- vistoria preliminar;
- coleta de amostras de solo ao longo da profundidade;
- determinação do teor de umidade das amostras coletadas;
- confecção de gráficos de umidade;
- escolha dos locais e respectiva instalação dos relógios comparadores;
- leituras periódicas dos relógios comparadores;
- confecção de planilha de leitura para análise imediata dos valores medidos;
- confecção periódica de gráficos para acompanhamento da evolução das deformações;
- escolha dos pilares para instalação de réguas de referência de nível;
- aferição do nível ótico;
- leituras iniciais dos níveis de referência de cada pilar instrumentado;
- leituras periódicas dos níveis de referência de cada pilar instrumentado;
- confecção de planilha de medição para análises imediata dos resultados obtidos;
- análise periódica dos resultados parciais;
- levantamento dos desníveis existentes no piso do 1º pavimento, na região da praça central;
- análise global dos resultados e conclusões;
- elaboração de projeto para correção de eventuais anomalias.
- confecção do relatório final.

5. ANOMALIAS CONSTATADAS

Das análises dos projetos fornecidos e das vistorias realizadas, constatou-se as anomalias elencadas abaixo:

5.1. Teor de umidade do solo

As amostras coletadas permitiram, em laboratório, a determinação do teor de umidade do solo local. Os resultados indicaram que na primeira medida os teores medidos encontravam-se elevados, indicando a possibilidade de vazamentos e/ou infiltração de água na região da praça central do condomínio comercial.

O solo típico da região de Bauru tem suas partículas de areia cimentadas por grumos de argila coloidal. Em presença da água essas ligações enfraquecem e estando o solo sob tensão ocorre um colapso em sua estrutura, provocando recalques indesejáveis nas fundações que durante algum tempo se comportaram de forma satisfatória.

Mudanças nas características do solo de fundação, principalmente em solo com características colapsíveis, está associado a infiltração de água pluviais, servidas ou de abastecimento e em alguns casos água de drenagem de jardineiras.

As figuras 02 e 03 mostram a variação do teor de umidade existente em diferentes datas, nos furos 1 e 2, onde se observa a redução da umidade do terreno, após o combate da infiltração de água existente.

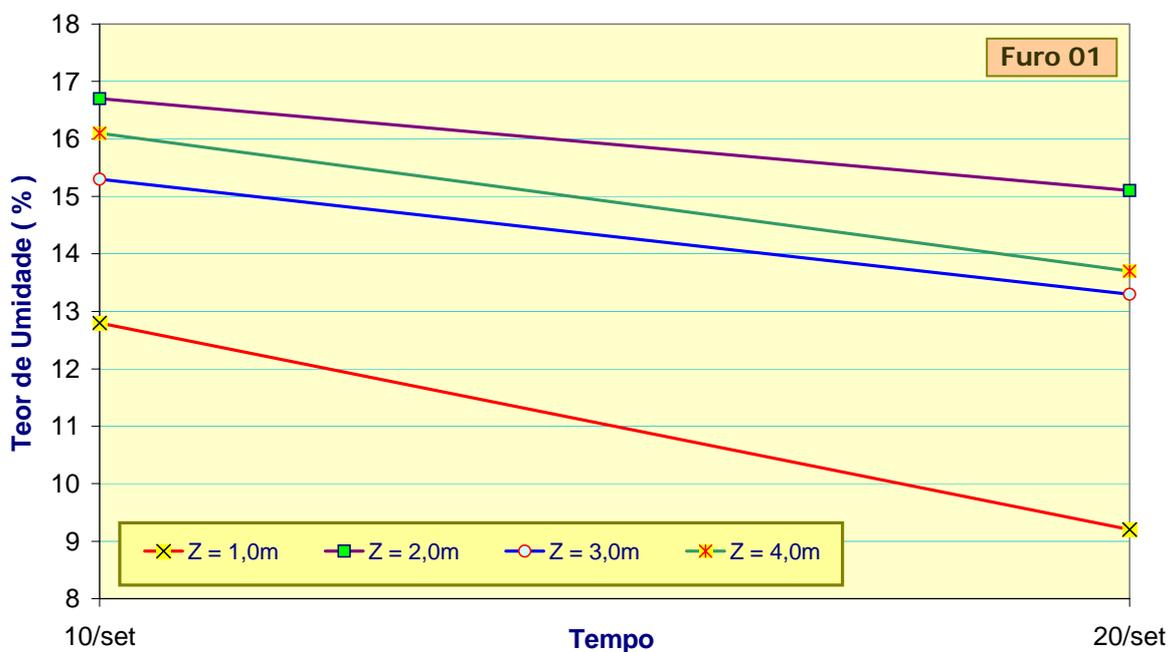


Figura 02. Variação do teor de umidade com a profundidade - ponto 01.



Figura 03. Variação do teor de umidade com a profundidade - ponto 02.

5.2. Escada da praça central

A principal anomalia observada na escada foi na ligação desta com a viga existente entre os pilares P_{134} e P_{136} . Nessa região, verificou-se a existência de uma abertura na junta de dilatação, na região central da viga e nas imediações do ponto de apoio da escada na viga, cuja armadura entra na viga de concreto de apoio, criando, nesse ponto, uma ligação monolítica.

A abertura da junta de dilatação ocorreu devido a esforço de torção na viga existente entre os pilares P_{134} e P_{136} , provocado pelo recalque do pilar (P_i) de apoio intermediário da escada, que é uma estrutura hiperestática.

O pilar central da escada encontra-se implantado no solo, no interior de uma floreira. Sendo o solo colapsível, o encharcamento do terreno provocou o recalque desse pilar central que originou uma nociva redistribuição de cargas, devido a interação solo-fundação-estrutura. Parte da carga que estava sendo suportada pelo pilar migrou para os outros dois apoios da escada, de tal forma que a escada acabou “*puxando*” a viga.

A foto 02 mostra o pilar (P_i) situado no meio da escada, envolto pelas folhagens e embutido num terreno que serve como jardim de plantas naturais que embelezam o ambiente da praça.

A foto 03 realça o rompimento de peças de azulejos, no piso superior, provocado pela rotação da viga entre os pilares P_{134} e P_{136} .

A foto 04 destaca o aumento da junta de dilatação, próximo a chegada da escada na viga do primeiro pavimento, devido a torção provocada pelo recalque do pilar central da escada.



Foto 02. Vista do pilar central da escada.



Foto 03. Vista de danos na viga superior.



Foto 04. Vista da junta de dilatação.

O apoio superior é a viga existente entre os pilares P_{134} e P_{136} que devido ao seu grande comprimento e pequena largura (apenas 0,15 m), tem muita flexibilidade à ação de momento torçor. A evidência desse fato é que a abertura observada na junta de dilatação vai se fechando em direção aos pilares onde ela se apoia. A foto 03 mostra que a rotação da citada viga acabou por romper algumas peças de azulejos de acabamento.

5.3. Ligação das vigas com os pilares da praça central

As taxas de armadura negativa das vigas existentes entre os pilares da praça central são muito pequenas, permitindo-se supor que foram armadas como vigas simplesmente apoiadas nos pilares, não se levando em consideração o efeito de pórtico.

Ações térmicas e, eventualmente, movimentações por recalque de fundações de um dos setores dessa estrutura, desde a construção, acabam por concentrar esforços nessas vigas que, devido ao detalhe construtivo, servem como interligação de toda a estrutura.

As fotos 05 e 06 retratam a região superior do pilar P_{136} , na ligação com a laje de cobertura, onde se observa um seccionamento da seção do pilar. A inclinação da rachadura no pilar (próxima de 45°) e o fato da carga vertical atuante nessa seção do pilar ser muito baixa, permite concluir que essa ruptura ocorreu devido a ação de esforço cortante (esforço horizontal), provocado por ações de variações térmicas e recalque diferenciais entre os setores estruturais. A parte superior do pilar, após a ruptura acabou ficando “pendurada” na laje.



Foto 05. Vista da ligação do P_{136} com a viga.



Foto 06. Vista de danos no P_{136} .

As fotos 07 e 08 destacam detalhes das graves anomalias existentes na parte superior do pilar P₁₃₆, que comprometem a ligação com a viga e laje, e colocam em risco a estabilidade estrutural da edificação. O destacamento sistemático do concreto observado, principalmente na “cabeça” dos pilares expondo as armaduras, prejudicam o pleno desempenho do elemento de suporte da estrutura e exigem uma urgente intervenção.



Foto 07. Vista do destacamento do concreto. Foto 08. Detalhe da exposição das armaduras.

Apesar dos esforços envidados, não se obteve elementos fidedignos que permitissem precisar quando ocorreu essa ruptura no pilar, devido a falta de acompanhamento, ou de inspeção, até porque essa região é de difícil acesso, ficando “*escondida*” sobre o forro do segundo piso do condomínio. É possível que o início desse processo tenha ocorrido há muito tempo e a cada inverno, quando ocorrem reduções de temperatura, venha se agravando o problema, devido a retração da estrutura

Um outro fato, também de difícil precisão quanto a data de ocorrência, mas que vinha se agravando há vários meses era o vazamento de água no espelho d’água que infiltrando-se no solo de fundação acabou reduzindo a capacidade de carga das fundações, principalmente o atrito no fuste dos tubulões, que provocou recalques das fundações. A foto 09 mostra o espelho d’água que existia na praça central, na região dos pilares vistoriados e mais próximo do P₁₃₇.

5.4. Deformações no piso

Através de levantamentos efetuados no piso do 1º pavimento, com auxílio de nível ótico, constatou-se que o nível do mesmo encontra-se bastante irregular, refletindo as anomalias existentes. As figuras 04 a 07 fornecem uma visão geral da situação do piso, destacando-se o desnível existente, refletindo as anomalias atuantes. Nos levantamentos adotou-se um RN igual a zero, no pé do pilar P₁₃₄.



Foto 09. Vista do espelho d'água, próximo ao pilar P₁₃₇.



Foto 10. P₁₃₇

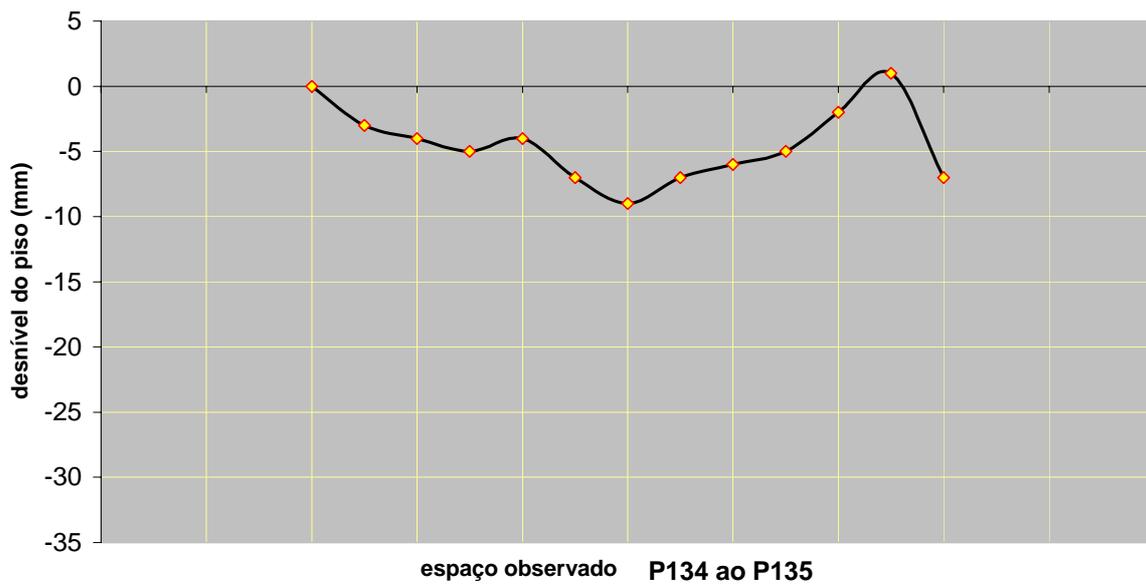


Figura 04. Deformação no piso do 1º pavimento, entre os pilares P₁₃₄ e P₁₃₅.

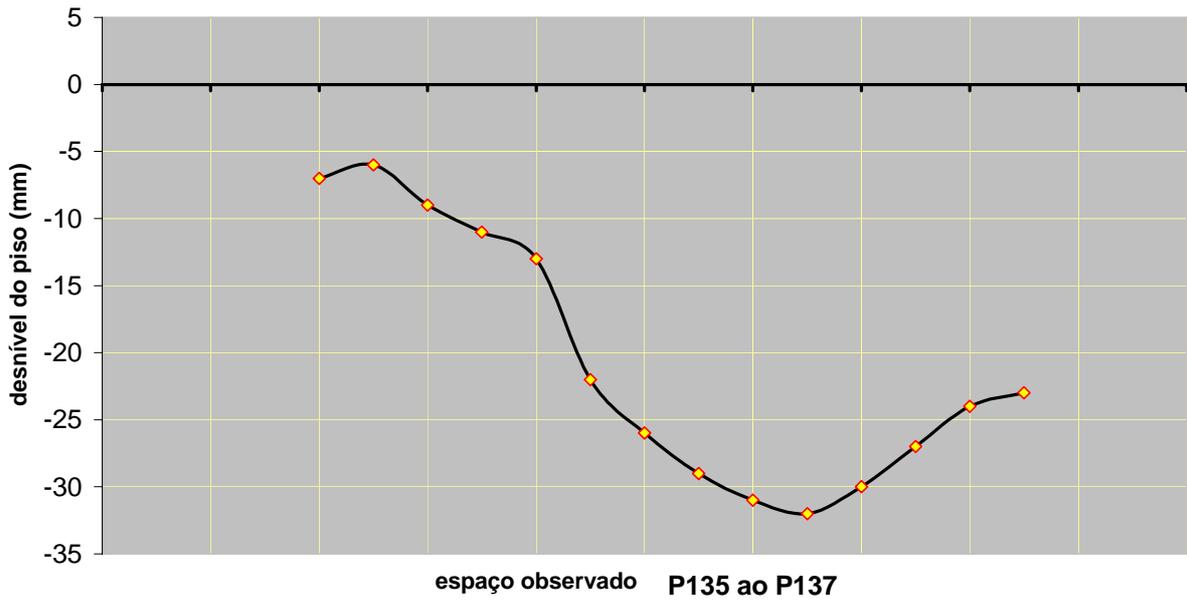


Figura 05. Deformação no piso do 1º pavimento, entre os pilares P₁₃₅ e P₁₃₇.

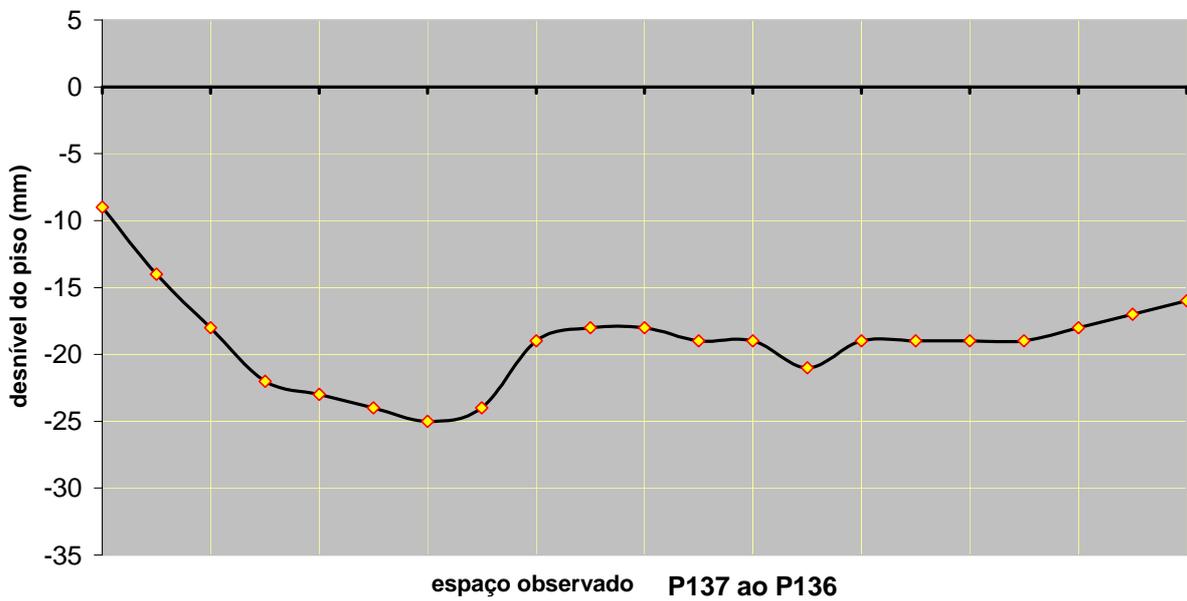


Figura 06. Deformação no piso do 1º pavimento, entre os pilares P₁₃₇ e P₁₃₆.

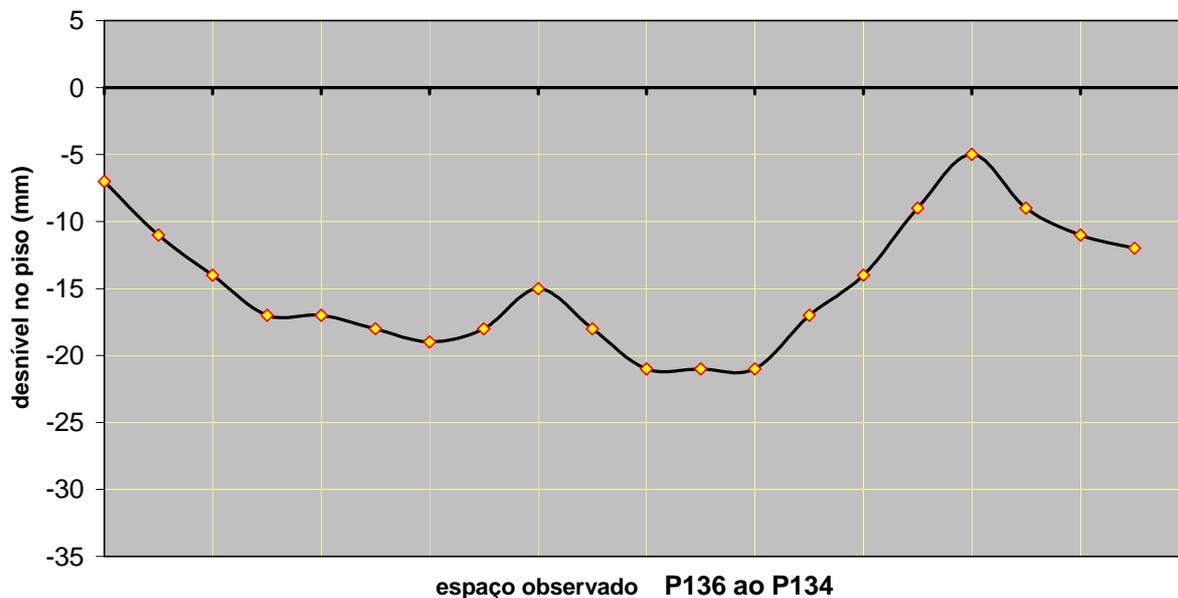


Figura 07. Deformação no piso do 1º pavimento, entre os pilares P₁₃₆ e P₁₃₄.

6. RESULTADOS DO MONITORAMENTO

6.1. Acompanhamento das Trincas

Visando acompanhar a possível evolução da abertura das trincas e rachaduras das vigas e pilares da praça central do condomínio, foram instalados, em 4 locais previamente determinados, relógios comparadores mecânicos, com precisão de 0,01mm.

Contemporaneamente, foram efetuadas medidas da temperatura ambiente da praça central, objetivando-se verificar possíveis influências desta, no comportamento das trincas e rachaduras. A foto 11 mostra um dos relógios instalados, na região da rachadura da viga, na ligação com o pilar P₁₃₅.

Na figura 08, apresenta-se a variação das trincas/rachaduras ao longo do período observado, obtidas através das leituras dos relógios comparadores, em cada ponto instrumentado. A figura 09 representa o valor médio das leituras efetuadas nos diversos extensômetros instalados.

Confrontando-se as leituras efetuadas com a variação da temperatura verificada, constata-se que o sistema permaneceu praticamente estável, sendo as eventuais variações provenientes, provavelmente, da variação térmica.



Foto 11. Vista do deflectômetro mecânico instalado numa das vigas engastadas no pilar P₁₃₅.

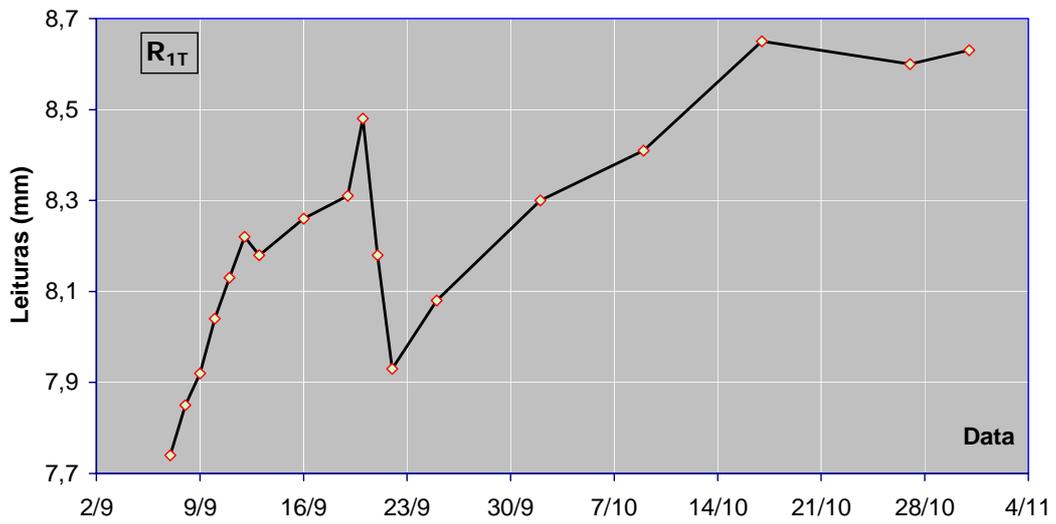


Figura 08. Variação do relógio comparador instalado no P₁₃₅, térreo.

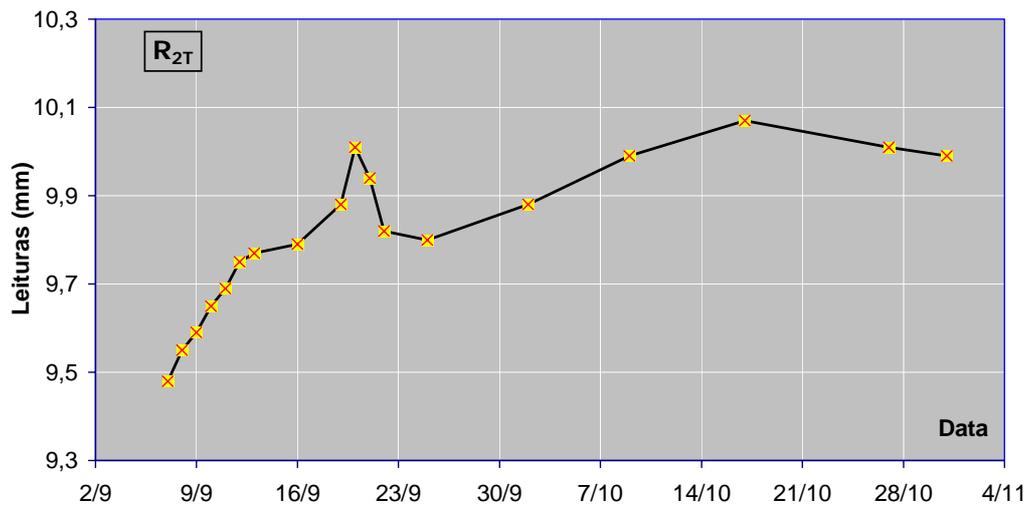


Figura 09. Variação do relógio comparador instalado no P₁₃₇ térreo.

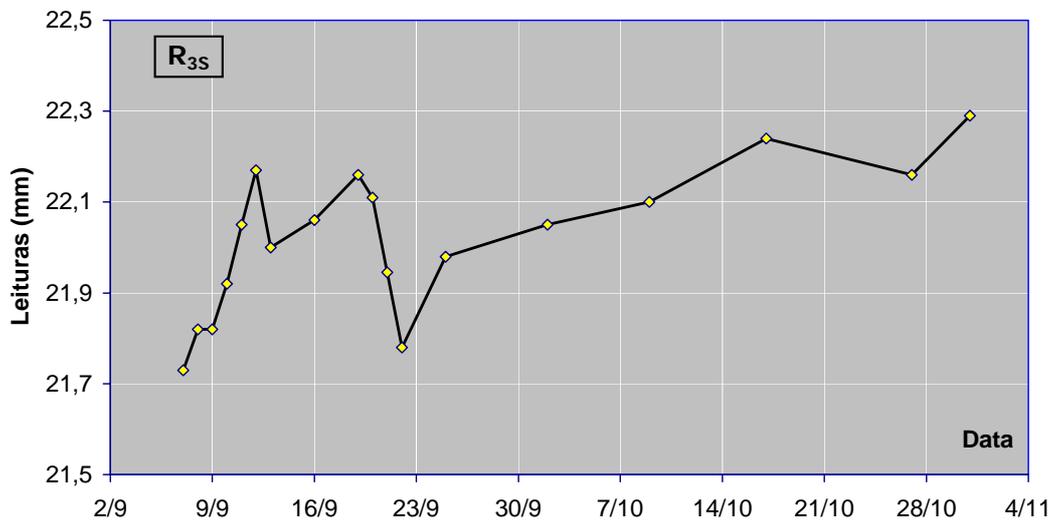


Figura 10. Variação do relógio comparador instalado no P₁₃₅, 1º piso.

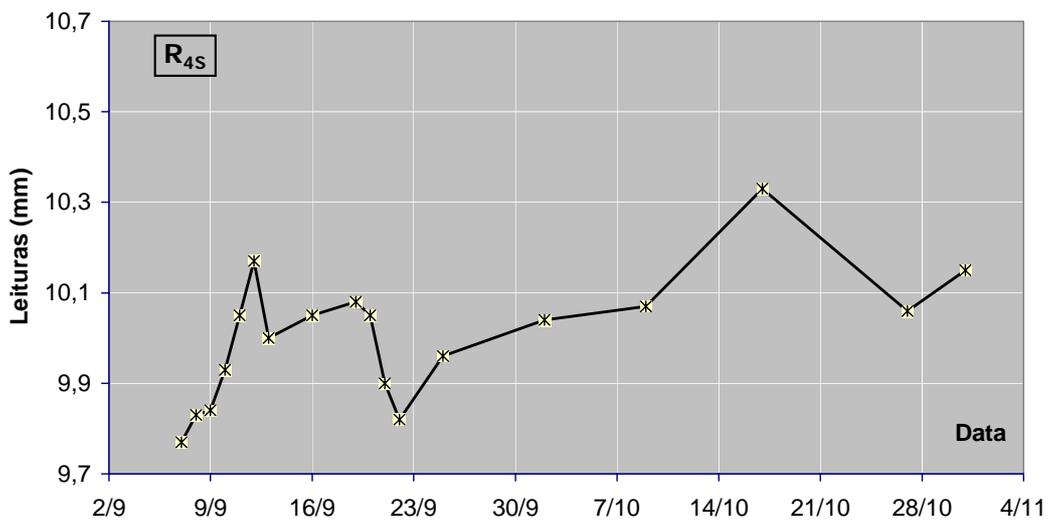


Figura 11. Variação do relógio comparador instalado no P₁₃₇, 1º piso.

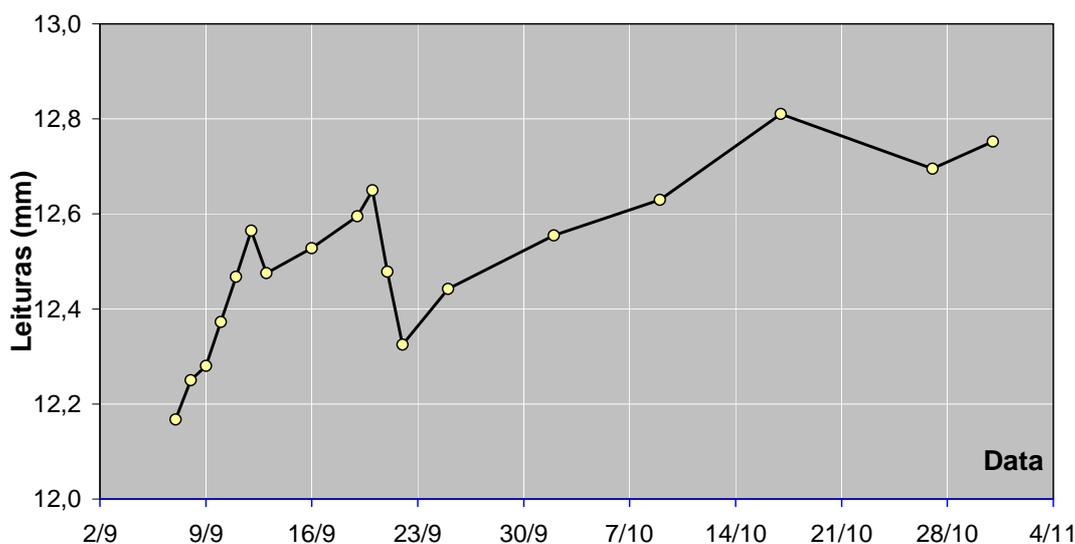


Figura 12. Variação média dos relógios comparadores instalados na Praça Central

6.2. Levantamento de nível

Durante o mês de novembro, foram realizados levantamentos de nível em diversos pontos, previamente escolhidos, com objetivo de se verificar a evolução dos recalques dos pilares da praça central do condomínio.

No período de monitoramento, foram efetuadas, periodicamente, leituras de nível, visando-se observar o comportamento dos pilares da praça central. Para cada ponto de instalação do aparelho de nível repetiam-se as leituras no mínimo 2 vezes, sendo em média 3 vezes, com o objetivo de se minimizar os erros decorrentes do operador.

No caso de resultados não convergentes, as leituras eram repetidas até 4 ou 5 vezes e, só então, calculava-se a média das leituras efetuadas. Nessas leituras, são verificadas as diferenças de nível entre as réguas fixadas em 3 ou 4 pilares de cada vez, instalando-se o aparelho de nível num ponto o mais equidistante possível das réguas, também com o objetivo de se minimizar os erros instrumentais.

Imediatamente após cada levantamento, eram feitas comparações entre os resultados anteriores e os obtidos para se detectar eventual comportamento anômalo.

A análise dos levantamentos efetuados indicaram que, tanto o pilar P_{137} , quanto o pilar (P_i) da escada, estavam em processo de recalque provocado pelo encharcamento do terreno de fundação. Nos três primeiros dias, observou-se uma variação da ordem de 1,0mm em cada um dos pontos. O acompanhamento sistemático indicou a gradativa estabilização dos recalques, como esperado, face a medidas emergenciais adotadas, que possibilitaram a redução do teor de umidade do terreno.

7. CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS

Fundações que se comportaram de forma adequada durante um certo tempo e, repentinamente, começam a apresentar problemas de recalques, não é raro na região de Bauru e grande área do Estado de São Paulo, cujo solo superficial é uma areia fina argilosa muito porosa e com característica de solo colapsível.

Mudanças no comportamento das fundações, principalmente em solos com características colapsíveis, podem estar associadas a um projeto de fundações inadequado, a um aumento na sobrecarga da edificação, ou a uma mudança nas características de resistência do solo de fundação provenientes de infiltrações de água pluviais, servidas ou potáveis, no terreno. O solo típico da região de Bauru tem suas partículas de areia cimentadas por grumos de argila coloidal. Em presença da água essas ligações se enfraquecem e, estando o solo sob tensão, ocorre um colapso da sua estrutura, provocando recalques indesejáveis nas fundações.

Esses fatores podem atuar isoladamente ou em conjunto. Os fatos observados no local dão claros indicativos que infiltrações de água no terreno constitui-se no principal causador das anomalias observadas.

Inúmeras pesquisas, publicadas nos últimos anos, confirmam a característica colapsível do solo da região de Bauru, destacando-se dentre eles Lobo (1991), Albiero (1993), Ferreira et al (1998), Lobo et al (1994, 1996, 1997 e 1998) e Ferreira (1998).

Resultados de provas de carga mostram grandes reduções nas capacidades de cargas de fundações diretas e estacas curtas apoiadas, ou executadas nesse solo, quando a estaca é ensaiada após infiltração de água no solo. De maneira geral, quando ocorre encharcamento desse solo há uma redução de 30 à 50 % na sua capacidade de carga. Em estacas curtas essa redução chega a atingir 70% conforme constatado por Ferreira et ali (1998).

Reduções em capacidade de carga de fundações em tubulões, quando ocorre encharcamento do solo, também tem sido relatado na literatura, podendo-se citar Golombek (1985) que relata o caso de vários edifícios em Brasília (DF), apoiados em tubulões que durante 5 a 10 anos se comportaram bem, mas que repentinamente começaram a apresentar problemas de recalque devido a elevação do lençol freático devido ao enchimento do lago Paranoá.

Essa característica de solo colapsível, tem sido responsável por inúmeros problemas em edificações na região de Bauru e grande área do Estado de São Paulo. Quando ocorre infiltração de água no solo, devido a má condição de drenagem do solo superficial, vazamento na rede de esgoto ou de água potável, etc., há um aumento do teor de umidade do solo, que provoca um enfraquecimento nas ligações que interligam as partículas de areia. Estando o solo sob tensão, pode ocorrer um colapso de sua estrutura porosa e com isso advir os indesejáveis e graves recalques das fundações.

Esta característica do solo, manifestada com a presença da água, tem provocado e/ou contribuído para a ocorrência das trincas, rachaduras e fendas nos prédios, refletindo a magnitude dos indesejáveis recalques que ocorrem nas fundações.

8. RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

Considerando-se que a água que se infiltrou no subsolo, na região da praça central, provocou significativos recalques dos pilares da escada e, especialmente, no pilar P₁₃₇, e, que tais efeitos podem se propagar por toda estrutura do prédio, tornou-se mister indicar e sugerir, em caráter de urgência, as providências listadas abaixo:

- **DESATIVAÇÃO DO ESPELHO D'ÁGUA DA PRAÇA CENTRAL;**
Recomenda-se a demolição do espelho d'água, tendo-se em vista a ocorrência de vazamentos verificados e a eventual possibilidade de futuros vazamentos.

- **ELIMINAÇÃO DAS FLOREIRAS/JARDINEIRAS DA PRAÇA CENTRAL;**
Remoção de todas as floreiras existentes na área central, promovendo-se uma reformulação completa da praça central. As plantas, eventualmente utilizadas como elemento decorativo, devem ser plantadas, preferencialmente, em vasos removíveis, de tal forma que durante o processo de irrigação, não haja nenhuma possibilidade de infiltração de água no terreno de fundação dos pilares da edificação.
- **REVISÃO GERAL DA REDE HIDRÁULICA E DE ESGOTOS;**
Na região da praça central deve ser feita uma completa revisão de toda a tubulação da água de abastecimento e de águas servidas, para verificar-se a integridade das instalações e evitar que eventuais danos nas redes possam comprometer o pleno desempenho das fundações de apoio das estruturas
- **REFORÇO DAS FUNDAÇÕES DO PILAR DA ESCADA DE CONCRETO**
Com a infiltração de água no terreno de fundação, houve uma redução na capacidade de carga do solo, ocasionando recalque do pilar de apoio da escada. A escavação do solo, ao redor do bloco de fundação, mostrou que a fundação do pilar da escada foi executada com tubulão a céu aberto, ao invés de fundação em 4 estacas, como se constatou nos projetos fornecidos.

A execução de furos exploratórios, com trado manual, permitiu determinar o diâmetro da base do tubulão e estimar a cota de apoio da base. A espessura do aterro no local do tubulão, conforme constatado nos furos exploratórios, é da ordem de 2 metros e a profundidade da base de cerca de 5 metros, concluindo-se que o solo de apoio da base é um solo poroso de alta compressibilidade, com características colapsíveis.

A escavação do local permitiu observar as dimensões do bloco e do tubulão, suporte do pilar central da escada e constatar a existência de excentricidade da carga transmitida à fundação.

A figura 13 mostra uma vista esquemática do bloco e sua altura, bem como a posição e os diâmetros da estaca e do tubulão encontrado.

A figura 14 representa a posição do pilar central da escada suportado pelo bloco, onde se observa que a carga não se encontra aplicada no centro de gravidade (CG) do bloco.

A figura 15 retrata uma vista do bloco, onde se nota suas dimensões em planta e a localização do tubulão, executado sob o bloco.

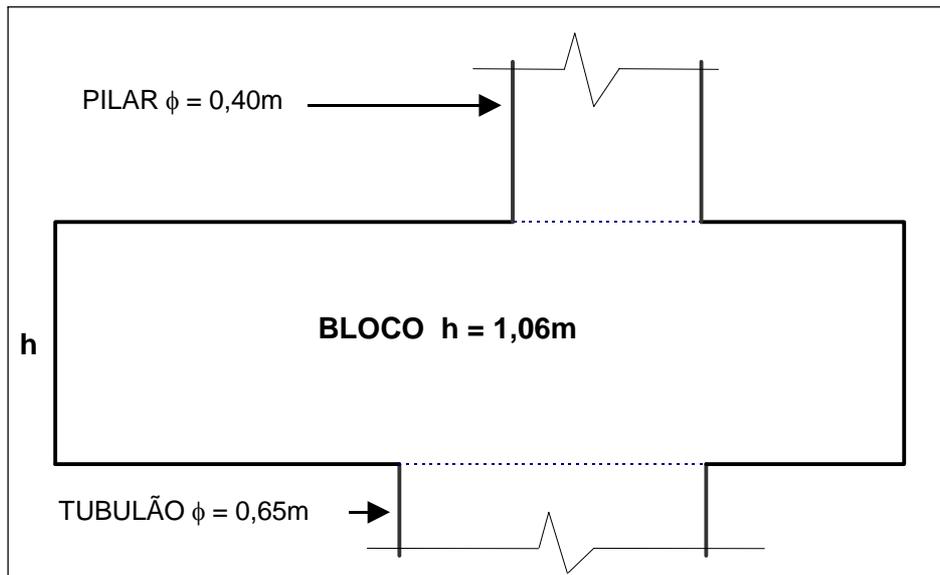


Figura 13. Conjunto pilar, bloco e tubulão, de apoio da escada – sem escada.

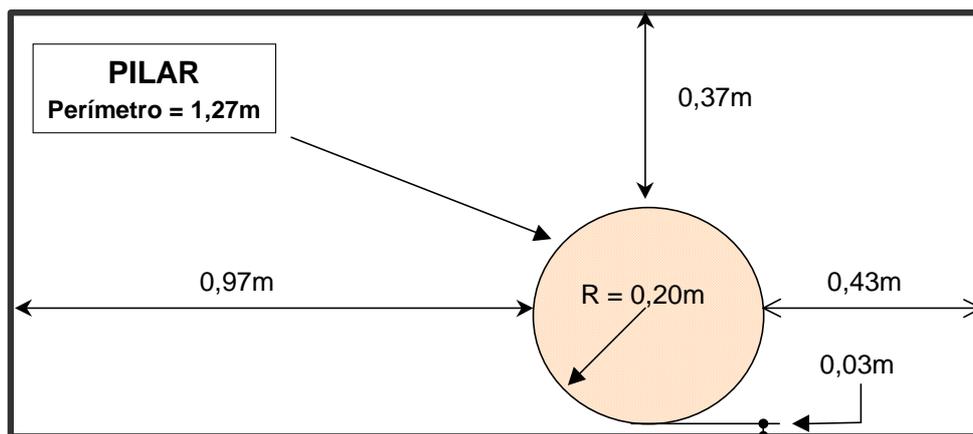


Figura 14. Localização do pilar sobre o bloco da escada – sem escada.

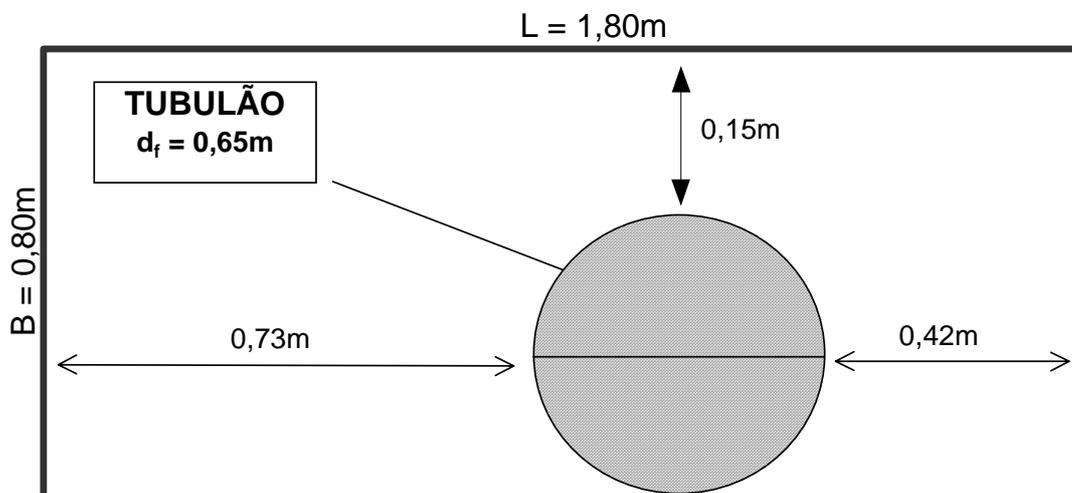


Figura 15. Localização do tubulão sob o bloco da escada – sem escada.

Neste contexto, recomendou-se a execução de reforço de fundação com cravação de 4 estacas tipo “*mega*”, de concreto armado, reagindo contra bloco de concreto armado em forma de cruz, envolvendo totalmente o bloco existente. Essas estacas de carga nominal de 200 kN e, por questão de equilíbrio do sistema fundação-bloco, foram cravadas aos pares, diametralmente opostas.

Foram dimensionados a armadura e dimensões do bloco e fornecidos em projetos. O bloco existente foi apicoado em toda sua lateral, favorecendo a aderência do concreto novo com o velho.

Na parte superior, recomendou-se descascar o bloco até atingir-se a armadura existente. O diâmetro da base do tubulão obrigou a execução de uma robusta complementação do bloco existente, permitindo que as estaca de reforço previstas pudessem ser embutidas a profundidades superiores a cota de apoio do tubulão existente.

As fotos 12 e 13 destacam a magnitude do bloco executado, face a amplitude do base do tubulão existente.



Foto 12. Vista geral do bloco executado.



Foto 13. Detalhe da magnitude do bloco.

Para a execução das estacas tipo “*mega*” recomendou-se a contratação de empresa especializada no ramo de Engenharia de Fundações, que disponha de conjunto macaco-bomba, provido de manômetro calibrado, para se estimar a carga atuante no momento da cravação. As fotos 14 a 17 mostram as robustas dimensões do bloco executado e os serviços de reforço contratados junto a empresa especializada.



Foto 14. Vista do robusto bloco executado.



Foto 15. Detalhe da execução do reforço.



Foto 16. Vista da execução do reforço.



Foto 17. Detalhe do macaco e das estacas.

- **TRATAMENTO E REPARAÇÃO DAS TRINCAS E RACHADURAS**

As trincas e rachaduras observadas em vigas e pilares, devem ser tratadas, com o objetivo de se restabelecer o monolitismo das peças de concreto armado. Deve-se utilizar produtos consagrados no mercado nacional, aplicado por empresa especializada nesse tipo de serviço.

Após esse tratamento e depois de se criar juntas de dilatações entre pilares e lajes, deve-se parafusar uma chapa metálica, em forma de L, reforçando a ligação viga-pilar, com o objetivo de se restabelecer a resistência ao momento negativo das vigas, que tiveram suas armaduras negativas rompidas por esforço de tração.

Em cada extremidade das vigas de apoio da laje de piso, deve-se colocar um console metálico, conforme projeto fornecido, que deve ser parafusado no pilar em chumbadores executados com barra Dywidag de 32 mm de diâmetro.

Após a fixação desses consoles, deve-se preencher o espaço entre a chapa superior do console e as vigas com produto a base de epoxi, para se promover contato perfeito entre esses dois elementos. Os serviços devem ser realizados por empresa especializada no ramo.

- **CRIAÇÃO DE JUNTAS DE DILATAÇÃO**

Objetivando-se separar a estrutura, deve-se criar juntas de dilatação entre os pilares da área central e as lajes de piso, que se apoiam nas vigas que interligam esses pilares, de tal forma que as 5 partes da estrutura passem a trabalhar de forma independente e tenham liberdade e espaço para dilatação e contração, devido a variações térmicas.

Essas juntas de dilatação devem ser executadas através de cortes com ferramentas apropriadas, separando-se completamente os pilares das lajes, que no projeto original tem sua armadura adentrando o pilar. Para execução dos serviços deverá ser contratada empresa especializada.

Antes da execução da junta de dilatação, deve-se executar console de chapa metálica para apoio da laje no trecho onde foi feita a junta, parafusada no pilar. Esses consoles devem ser executados aos pares, um em cada face do pilar.

As medidas elencadas anteriormente, tendem a recompor as perfeitas condições de uso e segurança da praça central, impedindo o agravamento das patologias constatadas.

Para melhor visualização das características do prédio e das patologias constatadas, apresenta-se uma complementação fotográfica, cuja descrição encontra-se no anexo.

As fotos ilustrativas dos problemas detectados na área central do Condomínio, mostram que algumas vigas tiveram grande parte da seção transversal afetadas pelas trincas que chegam a comprometer mais de 50 % da seção em alguns casos.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final dos trabalhos elaborou-se um laudo técnico tendo a administração do condomínio efetuado todas as correções e medidas indicadas, recompondo as condições de desempenho e garantindo a segurança da edificação.

Ficou evidente a importância de se considerar em projetos de engenharia, com fundações implantadas em solos colapsíveis, o efeito indesejável e nocivo do colapso do terreno provocado por eventuais infiltrações de água no solo de suporte das fundações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBIERO, J.H., CARVALHO, D. & LOBO, A.S. Fundações - Capítulo 9 da Publicação “Solos do Interior de São Paulo”. Mesa Redonda. EESC-USP, pp. 243-275, São Carlos, 1993.
- FERREIRA, C. V. Caracterização Geotécnica do Solo de uma Área da Cidade de Bauru-SP. São Carlos-SP, 1991. 160p. Dissertação - Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos/USP.
- FERREIRA, C.V. Efeito da Inundação do Solo no Comportamento de Estacas Moldadas *in loco*, Instrumentadas, em Campo Experimental de Bauru-SP,. Tese – doutorado 160p - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos/SP. 1998.
- FERREIRA, C.V.; LOBO, A.S.; GIACHETI, H.L.; AGNELLI, N.; ALBIERO, J.H.; CARVALHO, D.; & KATSUTANI, L.T. Campo experimental de fundações em Bauru. In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS, 3, São Paulo, 1996. *Anais*. São Paulo, ABEF/ABMS, 1996. p. 77-87.
- FERREIRA, C.V.; LOBO, A.S.; ALBIERO, J.H.; & CARVALHO, D. Behavior of displacement, cast-in-place piles on collapsible soil. IN: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 10, Hamburgo-Alemanha, Proceedings, ISSMFE, 1997.
- GOLOMBECK, S. Relato da 5ª sessão técnica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 4 Rio de Janeiro, *Anais*..Rio de Janeiro, ABMS, v. 2 p. 300-303, 1970.
- GUSMÃO, A.D. & GUSMÃO FILHO, J.A. Um Caso Prático dos Efeitos da Interação Solo-Estrutura em Edificações.. In: COBRAMSEF, 9, v.2, p.437-446, Salvador, 1990.
- LOBO, A. S.; FERREIRA, C. V. & ALBIERO, J. H. Comportamento de Tubulões Apoiados em Arenito. In: Simpósio sobre Solos não Saturados, 2, pp.243-248, Recife-PE, 1994.
- LOBO, A. S.; FERREIRA, C. V. & ALBIERO, J. H. Comportamento de Tubulões Através de Medidas de Recalques de um Edifício no Interior de São Paulo. IN: COBRAMSEF, 10,. v.1, pp. 135-142, Foz do Iguaçu, 1994.
- LOBO, A.S.; FERREIRA, C.V. & ALBIERO, J.H. Recalque de Tubulões na Cidade de Bauru *Revista de Engenharia e Ciências Aplicadas*. Editora da Unesp São Paulo - Dezembro 1996.
- LOBO, A.S.; FERREIRA, C.V. & ALBIERO, J.H. Redistribuição de carga entre pilares de edifícios durante a construção. IN: JORNADAS SUL-AMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL, XXVIII, São Carlos, 1997. Anais..., São Carlos.
- LOBO, A.S.; FERREIRA, C.V. & ALBIERO, J.H. Problemas de Fundações em Solo Colapsível - Estudo de Casos. In: SIMPÓSIO SOBRE SOLOS NÃO SATURADOS, 3,. Anais..., , 1997.p.77-89 ABMS-UFRJ, Rio de Janeiro-RJ, 1997.
- LOBO, A.S.; FERREIRA, C.V. & ALBIERO, J.H. Acompanhamento de Recalques dos Pilares de um Edifício, apoiados em tubulões, no Interior de São Paulo. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 11, vol 3 p. 1461-1468, Brasília, 1998.
- LOBO, A S , FERREIRA, C.V., ALBIERO, J.H. & GIACHETI, H. L. Settlements of Drilled Caissons on Sandy Soil. In: PANAMERICAN CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING, -ABMS (SP), v.3 p 1593-1599. FOZ DO IGUASSU, BRAZIL, 1999.

CURRICULUM VITAE

Nome: Ademar da Silva Lobo

Endereço: Rua José Ferreira Marques 12-16 – 17011-570 Bauru SP

Fone: (14) 234 8260 – End. Eletrônico: lobo@feb.unesp.br

Formação: Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia da UNESP-Bauru/SP (1971);

Especialização: Engenheiro de Segurança no Trabalho pela Faculdade de Engenharia - UNESP-Bauru/SP;

Mestre em Engenharia Civil pela Ohio University 1973 (Athens, Ohio Estados Unidos)

Doutor em Engenharia Civil – Área de Geotecnia 1991 (Escola de Engenharia de São Carlos – USP – Universidade de São Paulo)

Pós-Doutorado – 1995 – Ohio State University (Columbus, Ohio – Estados Unidos)

Professor Assistente Doutor, em RDIDP - regime de Dedicção Integral a Docência e Pesquisa, junto ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Bauru, da UNESP – Universidade Estadual Paulista, tendo ministrado as disciplinas: Mecânica dos Solos, Fundações, Obras de Terra e Tópicos Especiais de Fundações, no Curso de Graduação em Engenharia Civil.

Principal linha de pesquisa está relacionada ao comportamento de fundações em Bauru. Tem atuado também em pesquisas relacionadas a caracterização do solo de Bauru e patologias na Construção Civil.

Consultor: Comportamento de Fundações, Patologias em Estruturas e Fundações Obras de Terra.

Participação em eventos científicos, nos últimos anos: Congresso Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, Congresso Panamericano de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Simpósio de Solos não Saturados e Simpósio de Engenharia de Fundações Especiais (SEFE), Congresso Argentino de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Congresso Nacional de Geotecnia (Lisboa – Portugal), Congresso Nacional sobre Patologia e Recuperação de Estruturas e Congresso Internacional sobre Solos Não Saturados (UNSAT 2002).

Coordenador do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da UNESP-Bauru/SP (biênios 1997/1999 e 1999/2001);

Presidente, em 2001, da Comissão Permanente de Ensino da Faculdade de Engenharia de Bauru – UNESP, campus de Bauru.

Presidente da Comissão Permanente de Transferência da Faculdade de Engenharia da UNESP – campus de Bauru.

Avaliador ad hoc do MEC para verificar as Condições de Ensino, dos Curso de Engenharia Civil.

CURRICULUM VITAE - RESUMO

Nome: Cláudio Vidrih Ferreira

Endereço: Rua Capitão João Antonio 12-06 – 17013-470 - Bauru SP

Fone: (0xx14) 234 3194 – e-mail: vidrih@feb.unesp.br

Graduação: Licenciado em Física - Faculdade de Ciências – UNESP – Bauru/SP (1975)
Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia da UNESP-Bauru/SP (1980)

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo EESC/USP 1991 - Geotecnia

Doutor em Engenharia Civil – Área de Geotecnia 1998 (EESC – USP)

Técnico em Transações Imobiliárias – Secretaria de Educação do Estado de Goiás.

Professor Assistente Doutor junto ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Bauru, da UNESP, ministrando as disciplinas: Mecânica dos Solos, Fundações, Obras de Terra e Tópicos Especiais de Fundações, no Curso de Graduação em Engenharia Civil.

Coordenador dos Grupos de Pesquisa: Comportamento de Fundações e Patologias na Construção Civil, cadastrado junto a UNESP e CNPq.

Consultor: Comportamento de Fundações, Patologias em Estruturas e Fundações Obras de Terra.

Perito Judicial atuante da Primeira, Terceira, Quarta e Sexta Vara Cível da Comarca de Bauru.

Participação em eventos científicos, nos últimos anos: Congresso Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, Congresso Panamericano de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Simpósio de Solos não Saturados, Simpósio de Engenharia de Fundações Especiais (SEFE) e Congresso Nacional de Patologia de Estruturas (Ceará).

Coordenador do Campo Experimental do Departamento de Engenharia Civil, Chefe do Laboratório de Fundações e Sub-Chefe do Laboratório de Mecânica dos Solos.

Palestras proferidas: Fundações de obras de pequeno e médio porte, Perícias na Engenharia Civil, Estacas apiloadas – uma alternativa para obras de pequeno e médio porte, Execução e Interpretação de Provas de Carga, Responsabilidade Civil na Engenharia, Muros de Arrimo - Responsabilidade Civil.

Membro Titular do Ibape/SP.

Sócio Titular Representativo da Associação Brasileira de Mecânica dos Solos.

Consultor “ad hoc” da FACEPE/PE

Consultor “ad hoc” DA FEB/UNESP

Consultor Científico “ad hoc” da revista Acta Scientiarum – UEM/PR

Avaliador “ad hoc” da Comissão de Especialistas do MEC / INEP - Ministério da Educação e Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais – INEP.

CURRICULUM VITAE - RESUMO

Nome: Adilson Renofio

- ✓ Rua Ibrain Nobre, 5-6, Jd. Aeroporto, 17011-480, Bauru/SP
- ✓ Fone comercial (0xx 14) 221 6113
- ✓ Fone residencial (0xx 14) 224 3964
- ✓ renofio@feb.unesp.br
- ✓ Formação: Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia da UNESP - Universidade Estadual Paulista, Bauru/SP (1976);
- ✓ Especialização: Engenheiro de Segurança no Trabalho pela Faculdade de Engenharia da UNESP-Bauru/SP;
- ✓ Mestre em Arquitetura pela Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da UNESP-Bauru/SP (1998);
- ✓ Doutorado em Energia na Agricultura pela Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP-Botucatu/SP (2002);
- ✓ Professor em RDIDP, regime de Dedicção exclusiva, junto ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Bauru, da UNESP, responsável pelas disciplinas de Organização e Execução de Obras, Sistemas Construtivos e Gerenciamentos de Empreendimentos da Construção Civil.
- ✓ Responsável pelo Laboratório de Construção da UNESP, junto a Faculdade de Engenharia de Bauru.
- ✓ Principal linha de pesquisa está relacionada a aproveitamento de resíduos, desenvolvimento sustentável, novos materiais com baixo consumo de energia com fibra vegetal e animal, na produção de artefatos para construção civil. Tem atuado também em pesquisas relacionadas ao comportamento de edificações, patologias, tecnologia e programas da qualidade total na Construção Civil.
- ✓ Tem apresentado inúmeros artigos em eventos científicos, nos últimos anos divulgando resultados de pesquisas realizadas.
- ✓ Membro titular junto ao Conselho do Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da UNESP-Bauru/SP (biênio 2001 a 2003);
- ✓ Membro suplente junto ao Conselho do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da UNESP-Bauru/SP (biênio 2001 a 2003);
- ✓ Assistente técnico designado em inúmeros processos junto à comarca de Bauru/SP;
- ✓ Coordenador do Lote 11 (Bauru/SP), pela Concremat, do Programa Ciac's – Centro integral de atendimento à criança e ao adolescente (1996);
- ✓ Responsável pela fiscalização da fábrica de pré-moldados de argamassa armada e concreto armado, responsável pela fiscalização das unidades construídas, substituto eventual do Coordenador do Lote, contratado pela Fundação Paulista de Tecnologia e Educação e prestando serviços à Promon Engenharia, no Programa Caic's (1992 a 1995).

CURRICULUM VITAE - RESUMO

Nome: José Henrique Albiero

Endereço: Avenida D. Pedro II nº 1195 Apt 172 – CEP 14801-040 - Araraquara SP

Fone: (16) 222 5416 – e-mail: albiero@sunrise.com.br

Formação: Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia Mackenzie - São Paulo/SP (1956)

Formação Complementar: Curso Esp. em Engenharia de Segurança – Fundacentro (1978)

Mestre em Engenharia Civil pelo MIT Massachusetts Institute of Technology 1958 - Geotecnia

Doutor em Engenharia Civil – Área de Geotecnia 1973 (Escola de Engenharia de São Carlos – USP – Universidade de São Paulo)

Professor em RDIDP - Regime de Dedicção Integral a Docência e Pesquisa (aposentado), junto ao Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia São Carlos, da USP – Universidade de São Paulo, tendo ministrado disciplinas: Mecânica dos Solos, Fundações e Obras de Terra, no Curso de Graduação em Engenharia Civil e várias disciplinas no curso de pós-graduação (mestrado e doutorado). Foi professor também no curso de Engenharia Civil na Fundação Educacional de Bauru e na Escola Técnica de Agrimensura de Araraquara. Foi chefia do Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos da USP – Universidade de São Paulo.

Principal linha de pesquisa está relacionada ao comportamento de fundações no interior de São Paulo. Tem atuado também em pesquisas relacionadas à caracterização do solo colapsível do interior do estado de São Paulo e patologias na Construção Civil.

Conselheiro do CREA – Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura, por 9 anos.

Atualmente exerce a profissão de Engenheiro Civil, concentrando suas atividades principalmente na área de construções e fundações, sendo consultor em Comportamento de Fundações, Patologias em Estruturas e Fundações Obras de Terra.

Perito Judicial da Primeira Vara Cível da Comarca de Matão/SP.

Participação em eventos científicos, nos últimos anos: Congresso Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, Congresso Panamericano de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações, Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Simpósio de Solos não Saturados e Simpósio de Engenharia de Fundações Especiais (SEFE) e Congresso Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica.