Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

AVALIAÇÃO DO RECALQUE DA PONTE SOBRE O IGARAPÉ SANTANA, NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA.

P. MILHOMEM
Profissão: Estudante
Instituição: UFPA
Estado; País: Pará, Brasil
e-mail: patriciamotamilhomem@gmail.com

M. SOUZA
Profissão: Estudante
Instituição: UFPA
Estado; País: Pará, Brasil
e-mail: micheli-sousa@hotmail.com

P. COSTA
Profissão: Estudante
Instituição: UFPA
Estado; País: Pará, Brasil
e-mail: patrick.silva.costa@hotmail.com

A. NETO
Profissão: Professor
Instituição: UFPA
Estado; País: Pará, Brasil
e-mail: aaraon@ufpa.br

M. FERREIRA
Profissão: Professor
Instituição: UFPA
Estado; País: Pará, Brasil
e-mail: mpinaf@gmail.com

RESUMO

As manifestações patológicas que surgem nas estruturas são indicadores de problemas que podem ser decorrentes na elaboração ou execução do projeto, como também, má utilização da estrutura e falta de manutenção preventiva. Tais patologias são objetos de estudos quando pretende-se obter uma solução adequada para o problema. Desta forma, este trabalho apresenta as patologias observadas na Ponte sobre o Igarapé Santana, localizada no município de Tucuruí-Pa. Onde pela magnitude dos problemas percebe-se visualmente que a estrutura encontra-se comprometida, além de, por meio de estudos, avaliar tecnicamente a diferença de cota entre os pontos iniciais e finais da ponte, atualmente, com mais de 20 cm, recalque ocasionado pelas fissuras, trincas, rachaduras, fendas e brechas nos bolsacretos decorrentes de infiltrações. A partir desta análise buscou-se listar os motivos que levaram ao deslocamento vertical, além de outras patologias observadas, como corrosão da estrutura metálica. Em seguida propor contribuições técnicas, se ainda for viável, afim de que esta imperfeição seja corrigida pelo órgão competente do município, já de uma vez que a ponte é de extrema importância para a região estabelecendo continuidade a via da orla da cidade, são aproximadamente 13 anos de uso sem grandes reformas ou intervenções.
Palavras-chave: Fundação, manifestações patológicas, recalque, técnicas de reparo.

ABSTRACT

The pathological manifestations that arise in the structures are indicators of problems that may be arising from the elaboration or execution of the project, but also, error in the use of structure and lack of preventive maintenance. Such pathologies are objects of study when it is intended to obtain an adequate solution to the problem. Thus, this work presents the pathologies observed in the bridge over the Igarapé Santana, located in the municipality of Tucuruí-Pa. Where through the magnitude of the problems we can see that the structure is compromised, as well as through study, It perceives que there is height difference between the start and end points of the bridge, currently has more than 20 cm, settlement caused by fissures, cracks, crevices is gaps in bolsacretos due to infiltration. From this analysis we tried to list the reasons that led to vertical displacement, and other pathologies observed, as corrosion stringer, then propose technical contributions in order that these shortcomings be remedied by the municiple. because the bridge is of utmost

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

importance to the region by establishing continuing the path of the edge of town, have approximately 13 years of use without major reforms or interventions.
Keywords: Foundation, pathological manifestation, settlement, repair techniques.

1. INTRODUÇÃO

O estudo das patologias em edificações começou a ganhar importância à medida que foi se intensificando problemas no comportamento da estrutura. Pode-se dizer que a vida útil de um material tem sua durabilidade diretamente ligada a sua conservação e manutenção, uma vez que está submetido a ações direta ou indiretamente do meio em que está exposto e a partir dessas ocorrências, deve-se diagnosticar a natureza, a origem e os mecanismos dessas patologias [1].

Os problemas patológicos construtivos são evolutivos e tendem a se agravar com o passar do tempo. Por exemplo: uma fissura de momento fletor pode dar origem à corrosão de armadura, flechas excessivas em vigas e lajes, podem acarretar fissuras em paredes e deslocamentos em pisos rígidos apoiados sobre elementos fletidos [2].

O sucesso de uma obra de fundações e contenções depende de três fatores: projeto, materiais e execução. Torna-se, portanto, muito importante conhecer os itens que devem ser controlados em cada uma dessas etapas, para que a obra não apresente patologias como deformações e até mesmo rupturas durante e após a sua conclusão [3].

A escolha do tipo de fundação adequada para a estrutura, e as cargas que deverão ser transferidas ao solo com segurança, representam a maior dificuldade na elaboração de um projeto geotécnico. Uma fundação adequadamente definida e projetada deve suportar as cargas atuantes, distribuindo-as eficientemente sobre a superfície de contato na qual se apoia. Esta distribuição não deve gerar tensões maiores que as admissíveis pelo solo, evitando assim a ruptura na massa do solo subjacente, inclinações e recalques significativos à estrutura.

Toda edificação está sujeita a deslocamentos verticais (recalques), durante ou mesmo após a sua conclusão, por um determinado período de tempo, até que o equilíbrio entre o carregamento aplicado e o solo seja atingido. Esses movimentos podem provocar a ocorrência de falhas, evidenciadas pelos desnivelamentos de pisos, trincas e desaprumos da construção [4].

É muito comum observar deformações decorrentes da má qualidade das fundações que surgem por meio de danos, os quais podem ser verificados nos elementos de fundação, pela deterioração dos materiais que as compõem e, na obra como um todo, pelos recalques e desaprumos. Como os danos nas peças de fundação são mais complicados de serem detectados, pelo fato da fundação estar soterrada, a prática de averiguar o desempenho das fundações consiste, comumente, em monitorar os recalques medidos na estrutura [5].

A NBR 6122:2010 estabelece que nas obras em que as cargas mais importantes são verticais, a medição dos recalques constitui o resumo fundamental para a observação do comportamento da obra. A norma acrescenta que tal medida tem como objetivo permitir a comparação de valores calculados, visando o aperfeiçoamento dos métodos de previsão de recalques [6].

Para controle do deslocamento vertical, a Topografia, ciência aplicada de fundamental importância. Baseada na geometria e na trigonometria, tem como característica determinar analiticamente as medidas de área, perímetro, localização, orientação, variações no relevo, e ainda representá-las graficamente em cartas ou plantas topográficas, a mesma dispõe de uma ampla utilização de equipamentos como: teodolito, mira, nível topográfico, GPS, baliza topográfica. A estação total que permite que todos os dados coletados no campo sejam gravados e depois descarregados em ambiente computacional permite determinar o valor da cota/altitude baseada em métodos trigonométricos que permitem obter o desnível entre pontos. Conhecendo-se um valor de referência inicial é possível calcular as demais cotas ou altitudes. Estes métodos são denominados de nivelamento. Existem diferentes métodos que permitem determinar os desníveis, com precisões que variam de alguns centímetros até sub-milímetro, aplicação de cada um deles dependerá da finalidade do trabalho.

Portanto, o objetivo deste estudo é investigar as patologias observadas na ponte sobre o Igarapé Santana no Município de Tucuruí – Pa, através do levantamento planialtimétrico para verificar sua intensidade, constatando-se que várias patologias, como fissuras, trincas, rachaduras e brechas, foram possivelmente ocasionadas pelas infiltrações entre as peças de bolsacreto, causando movimentação da fundação, atuação de sobrecargas, modificação excessiva da estrutura e umidade vinda do solo.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2. DESCRIÇÃO DO ARRANJO ESTRUTURAL DA PONTE

A ponte averiguada encontra-se no município de Tucuruí - PA, localizada sobre o Igarapé Santana, às margens do Rio Tocantins. Seu arranjo estrutural dá-se apoiada sobre uma viga travesseiro que por sua vez esta ancorada sobre estrutura de concreto moldados "*in loco*" com emprego de geoformas têxteis (bolsacreto), sobreposto um a outro em formato de escada dando origem a fundação e a base de sustentação sem provimento de armação. A ponte possui 18,30 metros de comprimento de vão livre e 12 metros de largura. A altura total em média de 9,5 metros até a base, Figura 1.



Figura 1: Elementos construtivos da ponte.

A superestrutura é composta por quatro vigas isostáticas metálicas travadas por vigas transversinas, que apoiam um tabuleiro composto por uma laje com 27 centímetro de espessura. Foi utilizada aparelhos de apoio entre a infraestrutura e superestrutura, elemento este constituído de elastômero (borracha sintética), denominada comercialmente de neoprene, Figura 2.



Figura 2: Superestrutura da ponte, vista inferior.

3. PROCEDIMENTO DA VISTORIA

Com o objetivo de mapear as patologias existentes no local, realizou-se uma pesquisa de campo para avaliação das possíveis causas e soluções para os problemas patológicos identificados. De acordo com a Secretaria de Obras do

município, ao longo dos 13 anos de uso da estrutura não houve a realização de grandes manutenções ou intervenções na ponte.

Para verificar as anomalias existentes no local, utilizou-se como material o levantamento planialtimétrico realizado pela equipe de topografia da Secretaria de Obras do município, e o método de análise não-destrutiva. Através da vistoria *in loco* e de posse dos dados coletados no local pôde-se avaliar o deslocamento vertical e suas causas, ao identificar-se as causas, foi possivel, então, propor a solução mais adequada para os problemas ponderados. Em função de intervenientes como dificuldade na obtenção de determinadas informações necessárias, esse trabalho está sendo apresentado com base em uma análise qualitativa.

O levantamento topográfico de nivelamento trigonométrico segundo a NBR 13133 [7], é aquele em que se realiza a medição da diferença de nível entre pontos da estrutura, indiretamente, a partir da determinação do ângulo vertical da direção que os une e da distância entre estes. Fundamentando-se na relação trigonométrica entre o ângulo e a distância medidos, levando em consideração a altura do centro vertical da estação ao plano da ponte e a altura sobre a superfície da ponte do sinal visado [8], Figura 3.

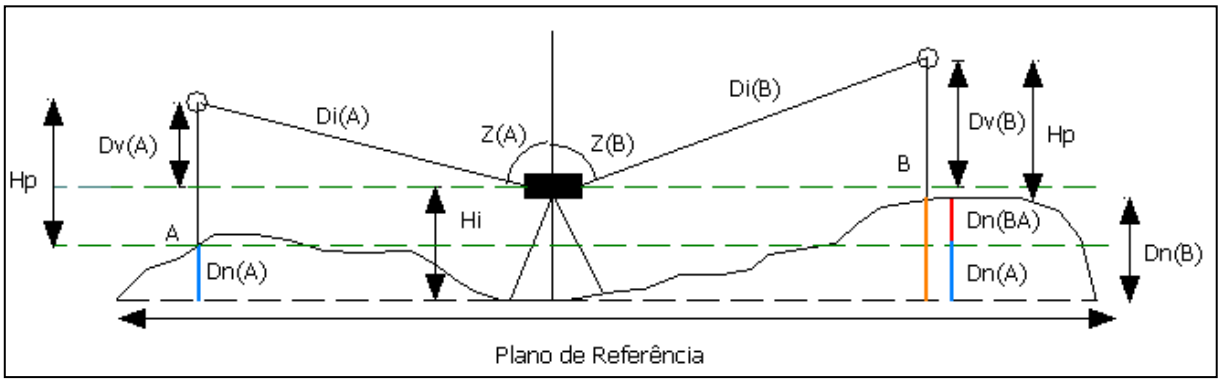

Figura 3: Representação esquemática do nivelamento trigonométrico.
Fonte: Fagion, 2003.

A Equação 01 apresentada abaixo corresponde a determinação da diferença de nível entre dois pontos topográficos deste método, descrito na Figura 3.

$$Dn\ (BA) = [Di_B.\ Cos\ (Z_B)] - [Di_A.\ Cos\ (Z_A)] \qquad (01)$$

Onde:

Dn(BA)=Diferença de nível entre o ponto B e o ponto A;
Di(A) = Distância inclinada entre a estação total e o ponto A;
Di(B) = Distância inclinada entre a estação total e o ponto B;
Z(A)=Ângulo zenital do ponto A;
Z(B)=Ângulo Zenital do ponto B.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da vistoria relizada na Ponte sobre o igarapé Santana, várias patologias foram econtradas e mapeadas, dentre elas, fissuras, trincas, rachaduras e brechas ocasionadas por diversos fatores, principalmente, pela instabilidade dos elementos de transição entre a estrutura da ponte e o terrapleno que têm dupla função (bolsacretos), de suporte da ponte e de proteção do aterro contra a erosão gerada pelas enchentes do Rio Tocantins.

A manifestação reconhecível de ocorrência de movimento das fundações é o aparecimento de fissuras nos elementos estruturais. Toda vez que a resistência dos componentes da edificação ou conexão entre elementos for superada pelas tensões geradas por movimentação, ocorrem fissuras [9].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

A Figura 4 faz referência as patologias estruturais relativas ao concreto, presente em toda a extensão da fundação da ponte em que se determinou o recalque.



Figura 4. Vista das trincas e brechas nas peças estruturais

Um dos principais motivos que levou ao acentuado recalque analisado, foi a utilização dos bolsacretos, elementos estruturais de grande importância da ponte. Os bolsacreto foram empregados em parte, indevidamente, uma vez que são utilizados para a canalização de canais, contenção de taludes, protenção de margens, entre outras aplicações para garantir a estabilidade de encostas.

Na ponte em estudo, foi empregado os bolsacretos para proteger o aterro contra a erosão gerada pelas enchentes do Rio Tocantins, como também, para sustentar a superestrutura e levar os esforços até a fundação, atuando como os "pilares" da mesma não garatindo nenhuma estabilidade. Com o passar dos anos e sem a manutenção adequada, surgiu infiltrações entre as peças que só aumentaram com o tempo, ocasionando a abertura de trincas até brechas entre as peças levando ao tombamento destas, deixando a estrutura ainda mais instável o que contribuiu diretamente para o aumento do deslocamento vertical, Figura 5. O recalque não foi mais acentuado devido os blocos de rochas presentes embaixo da ponte terem ajudado em sua sustenção.



Figura 5. Tombamento dos bolsacretos.

Outro motivo que possa ter contribuido para a presente situação foi a possível utilização de aterro mau compactado, percebe-se também na Figura 5 que o material do talude não apresenta consitência, consequentemente, pouca resistência ao deslizamento das peças.
Muitos dos problemas encontrados em aterros são: A menor inclinação dos aterros ocasiona uma maior penetração da água de chuvas dentro do solo, com conseqüente acréscimo da poro-pressão e diminuição da estabilidade ao

escorregamento. A compactação é freqüentemente deficiente na borda, o que causa a criação de uma camada superficial de material fofo, mais permeável e com menor resistência [10].

Para determinar o recalque, contou-se com o apoio da equipe de topografia da Secretaria Municipal de Obras, Urbanismo e Habitação de Tucuruí, estes definiram o ponto de RN (Referência de Nível) como cota 50,00 na pista de rolamento e registraram vários pontos localizados sobre o plano da ponte, conforme Figura 6. Os pontos foram determinados por meio da Estação Total marca TOPCON Green Label modelo GTS-105N.

O RN é um marco numérico de comparação a partir de um ponto estabelecido que pode ser transferido e relacionado a outros pontos de um terreno ou obra, sejam eles mais altos ou mais baixos. De acordo com a NBR 13133 [7], as referências de nível do apoio topográfico altimétrico, sempre que possível, devem estar vinculadas às referências do nível do apoio geodésico de alta precisão.

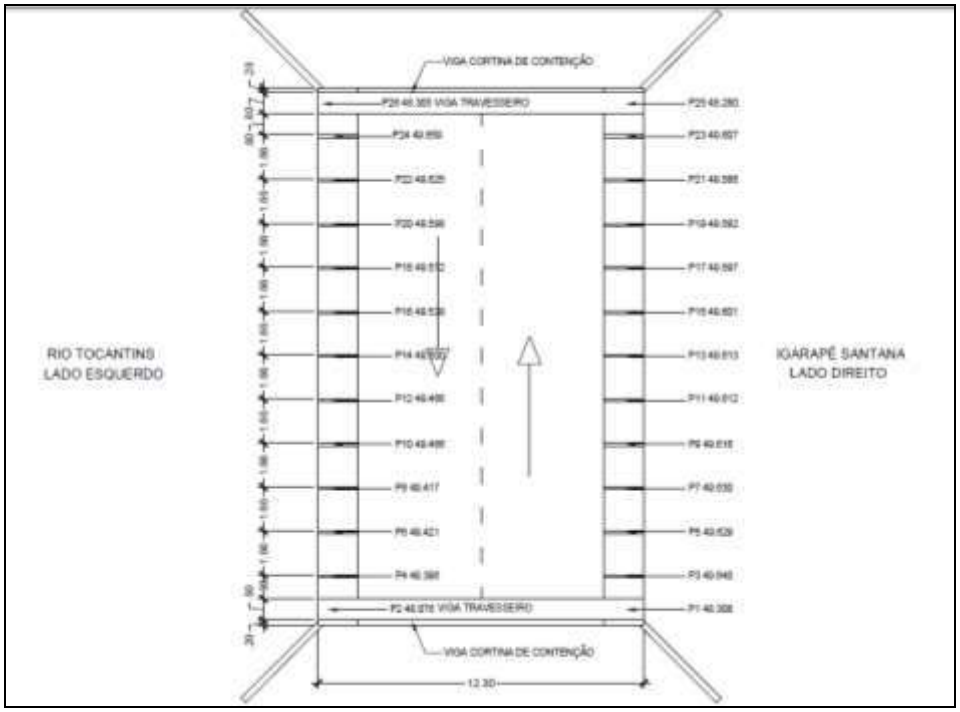

Figura 6. Cotas planialtimétricas sobre o tabuleiro da ponte.

Após a coleta de dados com a estação total realizou-se a análise e avaliação altimétrica da carga vertical por nivelamento trigonométrico da ponte sobre o Igarapé Santana. Abaixo na Tabela 1 apresenta-se uma relação topográfica entre os pontos coletados, sendo os pontos: P01, P03, P05, P07, P09, P11, P13, P15, P17, P19, P21, P23 e P25 referentes ao lado direito da ponte e os pontos: P02, P04, P06, P08, P10, P12, P14, P16, P18, P20, P22, P24 e P26 referentes ao lado esquerdo, conforme ilustrado na figura acima (Figura 6). Da análise entre os pontos, obtivemos as diferenças de cotas que determinou os seguintes recalques também expressos na Tabela 01 a seguir.

Tabela 1. Cálculo dos recalques, entre valores encontrados na superfície da ponte.

Pontos	Cota do lado direito (m)	Cota do lado esquerdo (m)	Recalque (m)
P1-P2	48,308	48,076	0,232
P3-P4	49,640	49,396	0,244
P5-P6	49,629	49,421	0,208
P7-P8	49,630	49,417	0,213
P9-P10	49,616	49,466	0,150
P11-P12	49,612	49,466	0,146
P13-P14	49,613	49,500	0,113
P15-P16	49,601	49,538	0,063
P17-P18	49,597	49,572	0,025

P19-P20	49,592	49,598	-0,006
P21-P22	49,586	49,625	-0,039
P23-P24	49,607	49,659	-0,052
P25-P26	48,280	48,305	-0,025
Média	49,409	49,311	0,098

A constatação do recalque se deu pela diferença de cota entre o lado direito e lado esquerdo da ponte, a escolha da ordem dos lados foi devido o lado direito (Igarapé Santana) está com as cotas mais elevadas, ou seja, apresenta recalque menor que o lado esquerdo (Rio Tocantins). O valores negativos na tabela significam que o maior deslocamento vertical está do lado direito.

Considerando que estas cotas são harmônicas no projeto, assim, a média das cotas do lado direito foi 49,409 m e do lado esquerdo 49,311 m, sendo a diferença média de cotas de 0,098 m ou 9,8 cm, no entanto, percebe-se que a diferença entre o ponto P3 e P4 no tabuleiro da ponte há recalque com mais de 24 cm, este ponto está situado no início da ponte, conforme ponto de referência adotado, através da visita *in loco* confirma-se que foi a região mais recalcada, Figura 7.



Figura 7. Localização dos Pontos: P3 e P4 no tabuleiro da ponte.

Outra análise realizada foi a determinação do recalque geral da ponte, ou seja, entre o início e o final da mesma através da diferença entre os pontos P25 – P01 (lado direito) e entre P26 – P02 (lado esquerdo) organizados na Tabela 02.

Tabela 2. Cálculo do recalque geral da ponte.

Pontos	Cota (m)	Cota (m)	Recalque (m)
P25 – P01	48,280	48,308	-0,028
P26 – P02	48,305	48,076	0,229

Estas diferenças de cotas caracteriza um recalque da estrutura de fundação da ponte o qual é objeto de estudo da estrutura. Os valores da Tabela 02 significam que no lado direito (P25-P01) o ponto P25, final da ponte, é a região mais rebaixada 2,8 cm em comparação com o início da ponte. Analisando o lado esquerdo (P26-P02) percebe-se o contrário, onde o início da ponte é a região mais recalcada aproximadamente 23 cm. A Figura 8 exemplifica melhor a situação.



Figura 8. Tabuleiro da ponte onde foram realizadas as medições topográficas.

Nova patologia encontrada foi o início da corrosão em alguns trechos da estrutura metálica da ponte.Uma das causas para tal ocorrência pode ser a exposição da estrutura a água pluviais, como também a constante umidade do ar, haja vista que se encontra as margens do Rio Tocantins, outro fator que contribui para tal é a falta de manutenção uma vez que são mais de 13 anos de construída sem nenhum reparo. Na Figura 9 percebe-se alguns trechos da viga metálica com corrosão.



Figura 9. Corrosão da estrutura metálica.

5. CONCLUSÃO

De acordo com o que foi constatado por análises visuais *in loco* e no levantamento planialtimétrico realizado, observa-se que as patologias estudadas afetaram a estrutura drasticamente, devido ao acentuado recalque apresentado e a instabilidade dos bolsacretos que sustentam a superestrutura da ponte, sua recuperação torna-se inviável. Uma vez que a ponte necessita de elementos estruturais eficazes que garantam a transmissão das cargas permanentes e variáveis até a fundação, o que não é possível obter com os elementos estruturais existentes, pois, as patologias verificadas causaram danos na estrutura que tornam a sua recuperação difícil e onerosa.

O tipo de fundação utilizado no projeto não é adequado à construção de pontes, pois, esse método construtivo é utilizado como estrutura de contenção, sem comprovação científica de que utilizado como método de transferencia das forças atuantes na ponte até as camadas de solo seja indicada. A instabilidade dos bolsacretos, gerada pelas trincas, brechas e rachaduras, ocasionou, portanto, o recalque acentuado verificado no tabuleiro da ponte.

Além disso, percebe-se a importância de um programa de inspeção e manutenção em estruturas. Visto que o estado atual de inviabilidade para recuperação da ponte, também está ligada ao agravamento de patologias que poderiam ser solucionadas por meio de intervenções, se identificadas anteriormente e, principalmente, se tivessem utilizado estruturas adequadas para sustenção da mesma, como exemplo, as estruturas convencionais de concreto armado.

Portanto, a melhor alternativa para evitar os estados patológicos extremos é a prevenção. Prevenção gerada por elaboração de projeto e execução de acordo com as normas vigentes, além de um programa de manutenção estrutural com a função de facilitar a identificação dos estados de deterioração estrutural e, portanto, a redução de custos dos tratamentos.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a toda equipe de topografia da Secretaria Municipal de Obras de Tucuruí, sem eles não seria possível a realização desse estudo.

7. REFERÊNCIAS

[1] Silva, C. F. C. da; "Análise das Manifestações Patológicas de uma Edificação Residencial". Monografia (Título de Especialista em Inspeção, Manutenção e Recuperação de Estruturas). Escola Politécnica – Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Universidade de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: <http://www.posgraduacao.poli.br/monografias/Monografia%20estudo%20de%20caso%20-%20final.pdf>. Acesso em: 20 de nov. 2015.

[2] Helene,P. "Manual para Reparo Reforço e proteção de Estruturas de Concreto". São Paulo, Ed. Pini, 1992.

[3] Joppert Jr., Ivan. "Fundações e contenções de edifícios – qualidade total na gestão do projeto e execução". São Paulo, Ed. Pini, 2007.

[4] Caputo, H. P. "Mecânica dos solos e suas aplicações". 6. ed. Rio de Janeiro, LTC,v. 2, 2012.

[5] Filho, J.A.G. "Desempenho de Obras Geotécnicas". Recife, Ed. Universitária da UFPE, 528 p, 2006.

[6] Associação Brasileira de Normas Técnicas. "NBR 6122: Projeto de Execução de Fundações". Rio de Janeiro, 1994.

[7] Associação Brasileira de Normas Técnicas. "NBR 13133: Execução de levantamentos topográficos". Rio de Janeiro, 1994.

[8] Faggion, P. L. et al. Desníveis de Primeira Ordem com Estação Total. Série em Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 3, p. 155-166, 2003.

[9] Milititskuy, Jarbas. Consoli, Nilo Cesar. Schinaid, Fernando. – "Patologia das Fundações". Editora PINI, São Paulo, Maio, 2007

[10] Lemes, M. R. T. Revisão dos efeitos da vegetação em taludes (Dissertação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 140p., 2001.