

Revista Científica

FACULDADE ATENAS- PARACATU-MG

Ano 2023, V.16, N.1



FACULDADE
ATENAS

www.atenas.edu.br
38 3672-3737

SONDAGEM: a importância da utilização desse recurso na instalação do piezômetro de corda vibrante

Layslan Victor Reis Lopes
Anelise Avelar de Araújo
Amanda Cristina de Souza
Tiago Martins da Silva
Ana Carolina Nascimento Tirapelli Mattos

1 INTRODUÇÃO

Para se obter excelência em uma obra, se faz necessário a programação dos estágios da construção. Começando pelo estudo de viabilidade dos fatores financeiros e físicos, para dar início ao pré-projeto, visando à contenção de gastos e obstando os desperdícios com o desígnio de produtividade frente à edificação. Assim, diminuir transtornos futuros.

A análise do solo é de suma importância para execução dos estágios supramencionados. De acordo com a NBR 6122/2010, toda obra deve realizar as sondagens a percussão com SPT (*Standard Penetration Test*). No entanto, este procedimento não é realizado em pequenas produções. (ABNT, 2010).

A sondagem auxilia no processo de identificação e caracterização do terreno, deste modo às informações extraídas contribuem para o desenvolvimento da análise de diversas camadas do solo, determinando os níveis e capacidades de inúmeras situações até chegar ao lençol freático. A ausência desse procedimento geotécnico gera prejuízos orçamentários e danos na edificação, tornando-se um dos principais fatores ocasionador de patologias em fundações. (CARIOCA, 2020; ZUCHETTI, 2015).

Milititsky *et.al* (2008), relata que uma fundação imperfeita se dá pela ausência ou má análise geotécnica. Assim, pode-se evitar as manifestações patológicas na construção. Este procedimento não deve ser visto como um custo, mas sim, como um investimento e melhoria das condições da vizinhança. A atividade e o projeto refletem na segurança e economia para a execução da obra, proporcionando conforto e estabilidade.

Um problema constante na concepção do projeto é a avaliação deficiente da resistividade do solo, gerando manifestações patológicas futuras. A má conjectura do solo causa disfunções em outras etapas do processo de construção. Isto posto, a análise geotécnica do solo classifica-se como primordial para início desta. (LIMA, 2020).

Diante do exposto, Silveira (2006) reitera a importância da instrumentação adequada para as barragens, principalmente quando se trata de quantidade e localização estratégica, do mesmo modo que o acompanhamento das medições. O monitoramento aspira a análise de forma sistêmica das informações importantes para assumir as medidas preventivas e corretivas com maior agilidade de modo a evitar os riscos. Um plano de instrumentação deve ser acompanhado de medidas reparadoras no intuito de evitar futuras deficiências detectadas (CRUZ, 2004).

Para a escolha do instrumento deve-se analisar o programa de instrumentação, é de suma relevância a previsão da área, uma vez que, há inúmeras variações das medidas, sendo necessária a preleção do instrumento a ser instalado. Durante a construção da barragem deve ter suas necessidades atendidas do início ao perpassar sua vida útil.. Dentre os instrumentos mais importantes, temos os piezômetros (FONSECA, 2003).

O instrumento supramencionado está entre os mais importantes para a segurança da barragem, existem diversas categorias deste instrumento, possibilitando a escolha do modelo mais adequado para sua necessidade, dentre estes estão o piezômetro de tubo aberto, o pneumático, o hidráulico, o elétrico de resistência e o elétrico de corda vibrante (SILVEIRA, 2006).

2 APLICABILIDADE DA SONDAGEM DE SOLO E A INSTALAÇÃO DOS INSTRUMENTOS

O Standard Penetration Test (SPT) é a ferramenta de investigação geotécnica para o reconhecimento mais popular e econômica, utilizada em praticamente todo o mundo, esta permite a indicação da densidade de solos granulares, também utilizado para a identificação da consistência de solos coesivos e mesmo de rochas brandas (CARIOCA, 2020).

Brito (2013), afirma que o escopo da sondagem é reconhecer as particularidades do solo, baseando-se na resistência, descontinuidades, deformação, alterações e interferências hídricas. O estudo do solo por meio da sondagem prevê a carga de ruptura, proporciona eficiência para as fundações, majora a resistividade do solo-estaca e diminui os gastos com mão de obra e materiais visando mais econômica para a obra (CARIOCA, 2020).

Prasnievski (2014) aponta que a sondagem assiste as cotas inferiores da perfuração, das cotas do terreno e nível de água, a partir destas informações constitui-se o delineamento do subsolo ou seções do subsolo. Os autores Felipe e Araújo Júnior (2018), pormenorizam que para definir a resistência, capacidade de carga do solo, profundidade, ângulo de atrito e coesão, é primordial que haja sondagem. Diante do exposto, ressaltam que a falta de estudo sobre o solo por meio de sondagem, pode gerar atrasos e prejuízos.

Por se tratar de ensaio pontual, onde as especificações e propriedades elásticas das medidas se referem apenas ao ponto observado, se viu a necessidade de estudar a aplicabilidade de outro ensaio que permita a obtenção de propriedades elásticas mais representativas em área (SANTOS *et al.*, 2019).

No Brasil se tornou muito comum o uso de sondagens diretas aliadas a levantamentos sísmicos, possibilitando a determinação dos locais de potencial interesse ou pontos críticos que devem ser detalhados (GALVÃO, 2019). Os ensaios geofísicos não dispensam as sondagens, pois estas podem gerar informações mais precisas sobre área investigada.

2.1 INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA

Em qualquer tipo de obra, é imprescindível a investigação geotécnica, pois é importante compreender a formação da crosta terrestre onde o projeto será executado. Segundo Brito e Gomez (2018) este processo inicia-se com a pesquisa em mapas da região em análise, bem como o estudo de fotografias aéreas e imagens orbitais para a execução do mapeamento geológico-geotécnico.

Os parâmetros físicos são obtidos por meios dos dados obtidos através dos ensaios de investigação geológica realizados em campo, assim é possível a

caracterização e tipificação do solo (OLIVEIRA; BRITO 1998), como também os parâmetros químicos e biológicos, que por sua vez delimita os espaços maciços rochosos e propriedades geomecânicas.

Assim como é necessário o estudo da superfície do espaço a ser trabalhado, é igualmente fundamental a análise do subsolo, pois tem de conhecer os tipos de rocha existente da mesma forma que os elementos estruturais como: linhas de contato, fraturas, falhas, dobras dentre outros (CHIOSSI, 2013).

Galvão *et al.* (2019) evidencia que deve-se efetuar sondagens para se obter uma estrutura estabilizada, se torna vital o reconhecimento do tipo de solo e seu comportamento mecânico em diferentes circunstâncias. Para a verificação da especificação do solo para cada fase do projeto, é necessário um ensaio que consiste na coleta de amostras do solo e rochas suficientes em quantidades e diferentes profundidades (DELATIN, 2017).

Conhecendo a superfície do local de estudo, torna-se necessário estudar o seu subsolo, a fim de conhecer quais os tipos de rocha existente e seus elementos estruturais como, linhas de contato, fraturas, falhas, dobras e etc (CHIOSSI, 2013).

2.1.1 STANDARD PENETRATION TEST (SPT)

O indicador da persistência quanto à penetração de um solo, de acordo com a NBR 6484/2020, é estabelecido por meio da sondagem SPT. Este discerne os modelos de solo de acordo com o avanço de profundidade atingida, do mesmo modo que permite coleta de dados sobre as camadas do solo enviesado pelo ensaio estabelece o posicionamento do nível do lençol freático.

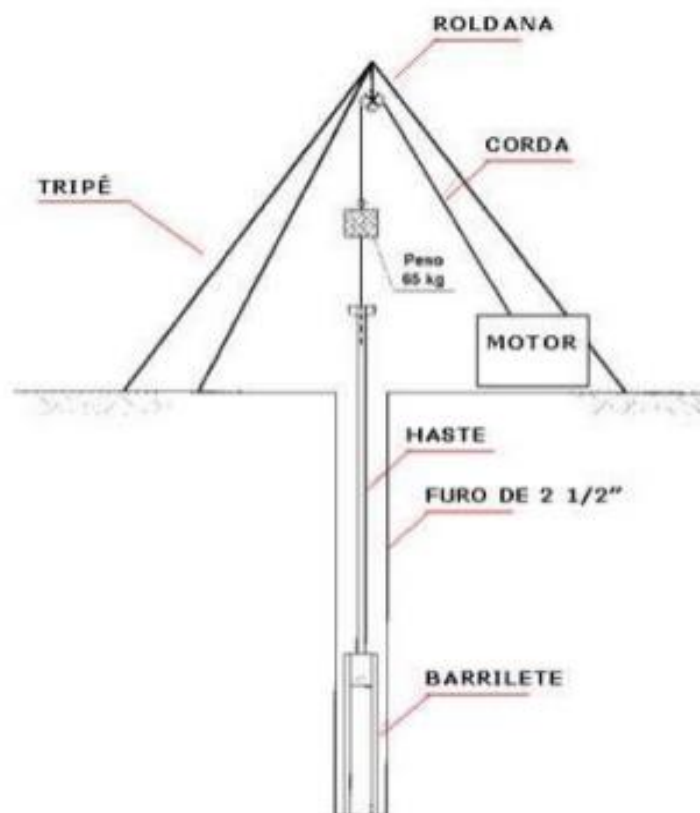
Segundo Schnaid (2000), o Standard Penetration Test (SPT) é a mais popular, rotineira e econômica ferramenta de investigação geotécnica em quase todo o mundo, permitindo uma indicação da densidade de solos granulares, identificação da consistência de solos coesivos e de rochas brandas. Através dele é possível obter-se a estratigrafia do terreno ao longo do furo de sondagem e a resistência à cravação do amostrador padrão aos golpes de um martelo.

Santa Catarina (2015) explica que para a execução da sondagem, deve-se realizar a limpeza do local e a remoção dos obstáculos, deve haver a abertura de valas para drenar as águas das chuvas (NBR 6484, 2020).

Conhecendo a superfície do local de estudo, torna-se necessário estudar o seu subsolo, a fim de conhecer quais os tipos de rocha existente e seus elementos estruturais como, linhas de contato, fraturas, falhas, dobras e etc. (CHIOSSI, 2013).

A FIGURA 1, a seguir apresenta equipamento de sondagem:

FIGURA 1 - Equipamento de Sondagem



Fonte: Schnaid (2000).

A NBR 6484/2020 determina que o ensaio da sondagem deve-se iniciar com a instalação da cavadeira manual ou trado-concha até atingir a profundidade de 1 metro, logo se instala a primeira seção do tubo de revestimento, junto a sapata cortante. Assim, continua-se a perfuração posteriormente a coletar da primeira etapa (NBR 6484, 2020).

A NBR 6484/2020 estabelece que a cada metro analisado deve ser retirada uma amostra de solo do bico do mostrador padrão, e reservá-la em um recipiente hermético, sempre identificando de acordo com o número do furo e a

obra. Ressalta-se que esta amostra deve ser mantida por 60 dias, caso seja necessária nova verificação (NBR 6484, 2020).

A classificação do solo em grosso e fino de acordo com a compacidade e a consistência, é determinada mediante o Índice de Resistência a Penetração obtido por meio da sondagem (NBR 6484, 2020).

A análise do material coletado se dá por meio do ensaio de tato, e receberão as classificações citadas acima. Depois do exame visual classifica este em areias ou pedregulhos e argilas ou siltes. Além, da indicação da cor que poderá receber no máximo duas designações. (NBR 6484, 2020).

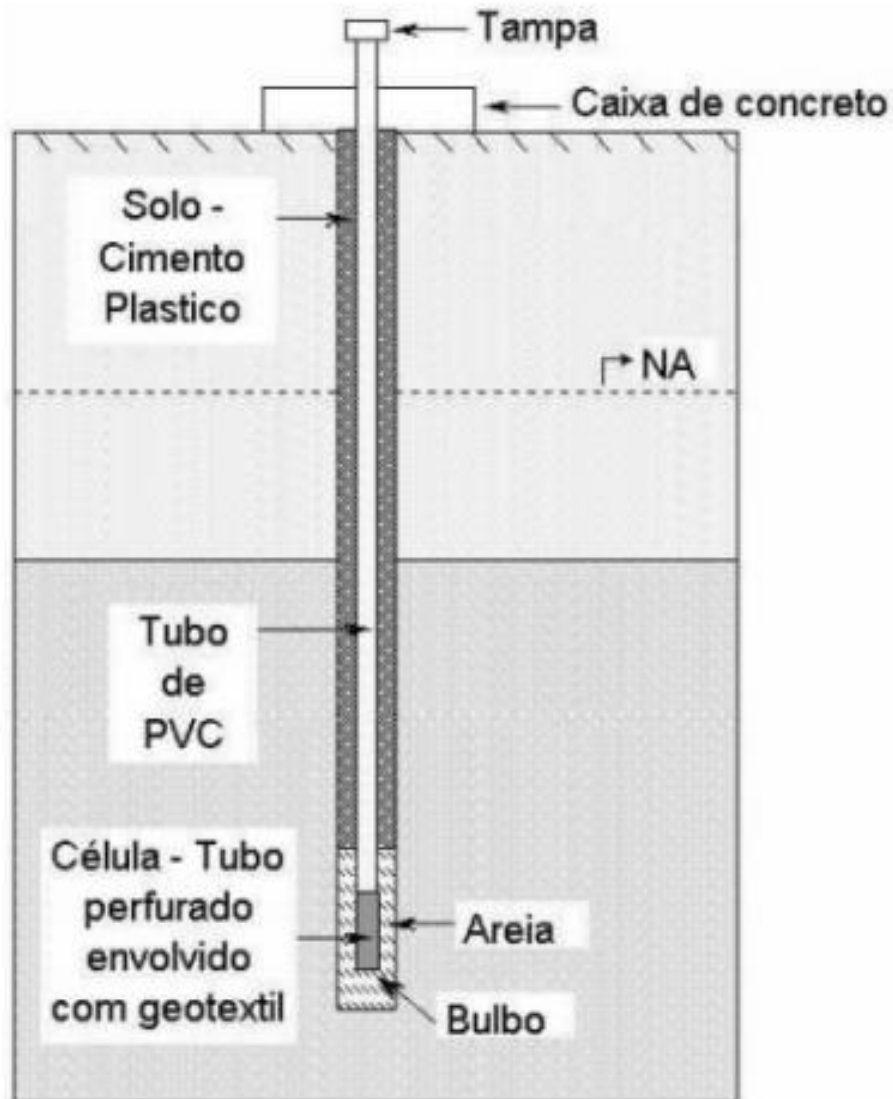
2.2 PIEZÔMETRO

O piezômetro é um instrumento simples, composto por um tubo o qual sua extremidade inferior pode conter furos no próprio tubo ou possuir um elemento de cerâmica ou plástica porosa (AGUIAR *et al.* 2005).

Segundo Pinheiro *et al.* (2018), a geotécnica goza da instalação de piezômetros como meio para determinar do coeficiente de condutividade hidráulica, avaliar o comportamento do nível de água no solo, através da instalação de piezômetros.

A FIGURA 2, a seguir apresenta o modelo de piezômetro do tipo Casagrande:

FIGURA 2 - Esquema do Piezômetro de Tubo Aberto ou Casagrande



Fonte: Fonseca (2003).

Pinheiro *et al.* (2018) informa que o piezômetro supra apresentado pode ser instalado diretamente no furo de sondagem, ponto este que facilita sua montagem e a execução da medição, podendo assim diminuir custos. Ao determinar a profundidade desejada inicia-se a execução do método do piezômetro de tubo aberto para obter a poro-pressão do solo.

Isto posto, utiliza-se material filtrante no fundo do furo, como areia grossa e brita, próximo ao bulbo do instrumento e acima dele, logo encaixa um solo-cimento ou selo de bentonita para originar uma camada isolada hidraulicamente, preservando as condições piezométricas das posições superiores à areia. Para

executar a medição a superfície superior do instrumento deverá ficar aberta para facilitar o acesso (AGUIAR, *et al.*, 2005).

Cerqueira *et al.* (2016) explica que a leitura do piezômetro do tipo Casagrande realiza-se por meio de sensores elétricos conhecidos como medidores de nível d'água. Por meio deste se emite sinais sonoros ao obter contato com a água através de uma trena com sonda elétrica, que por sua vez indica a representação da carga piezométrica no local, indicando a altura da d'água no interior desta tubulação (CERQUEIRA, 2017).

3 TIPOS DE PIEZÔMETRO E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMENTO

Os instrumentos para supervisão do solo são usados desde 1853, quando houve o estudo sobre o deslocamento da crista na barragem de Catarina, na França, por meio de medições topográficas. Para analisar a percolação na fundação de barragens, a partir deste momento, este instrumento passou a ser usado nas barragens de terra (SILVEIRA, 2006).

Ao longo da vida útil da barragem utiliza-se instrumentos para avaliar a segurança da obra. Por meio da instrumentação objetiva-se “verificar as hipóteses, os critérios e os parâmetros adotados em projeto; verificar a adequação de métodos construtivos; e verificar as condições de segurança das obras” (CRUZ, 2004). Para obtenção de dados o instrumento é o meio mais relevante e confiável para as tomadas de decisões quando necessárias.

Um programa de instrumentação deve ser elaborado pelo engenheiro responsável pela obra; Fonseca (2003), afirma que este tende a fornecer parâmetros de confiabilidade, bem como à compatibilidade das premissas e às metodologias construtivas do projeto. Por meio do instrumento deve-se monitorar a pressão da água nos poros e rochas da fundação, os recalques, tensão nos elementos estruturais, os deslocamentos horizontais, as vazões de drenagem e a temperatura (SILVEIRA, 2006).

3.1 A ESCOLHA DO INSTRUMENTO

Para se entender as necessidades da construção deve se realizar a sondagem uma vez que esta apresenta todas as características do solo e suas fragilidades. Diante do exposto é primordial a escolha do instrumento, este será escolhido de acordo com as necessidades expostas pela sondagem, para a etapa predecessora do programa de instrumentação. Desta forma, pode ser que existam critérios diferentes de escolha de instrumentos, e instrumentos diferentes, em cada uma das duas fases. De acordo com Silveira (2006) “as medidas de controle de barragem envolvem questões de segurança, uma predeterminação dos valores numéricos deve ser feita para que possam indicar necessidade de ações corretivas”.

Silveira (2006) relata que ao selecionar a área de instalação do instrumento deve sempre estar atento à identificação de espaços de risco. Entre os principais instrumentos, estão os medidores de nível de água, os medidores de deslocamento, medidores de vazão, os piezômetros, instrumentos para auscultação sísmológica e a célula de tensão total.

3.2 PIEZÔMETROS

Segundo Cruz (2004) para definir a pressão neutra em rochas ou maciços de terra utiliza-se o piezômetro. Para a segurança de barragens, este é um dos instrumentos mais relevantes, dentre modelos basilares estão o pneumático, o elétrico de corda vibrante, o piezômetro de tubo aberto, o hidráulico, e o elétrico de resistência.

A seleção do piezômetro provém da posição do instrumento quanto ao terminal de leitura, das medidas estáticas, da demanda de medida da pressão neutra negativa, dentre outras. Entende-se que sem conhecer as necessidades específicas do projeto, não se é possível estabelecer o tipo ideal de piezômetro (CRUZ, 2004).

3.2.1 PIEZÔMETRO DE TUBO ABERTO

Conhecido igualmente como piezômetros de Casagrande ou piezômetros

standpipe, o piezômetros de tubo aberto distingue-se dos medidores do nível de água na extensão do trecho do furo preenchido com material drenante, limitados usualmente a poucos metros e no comprimento do trecho perfurado. Cruz (2004) explica que os piezômetros são instalados em alturas diferentes.

As principais vantagens de se usar o piezômetro de tubo aberto são:

Confiabilidade;

Durabilidade;

Sensibilidade;

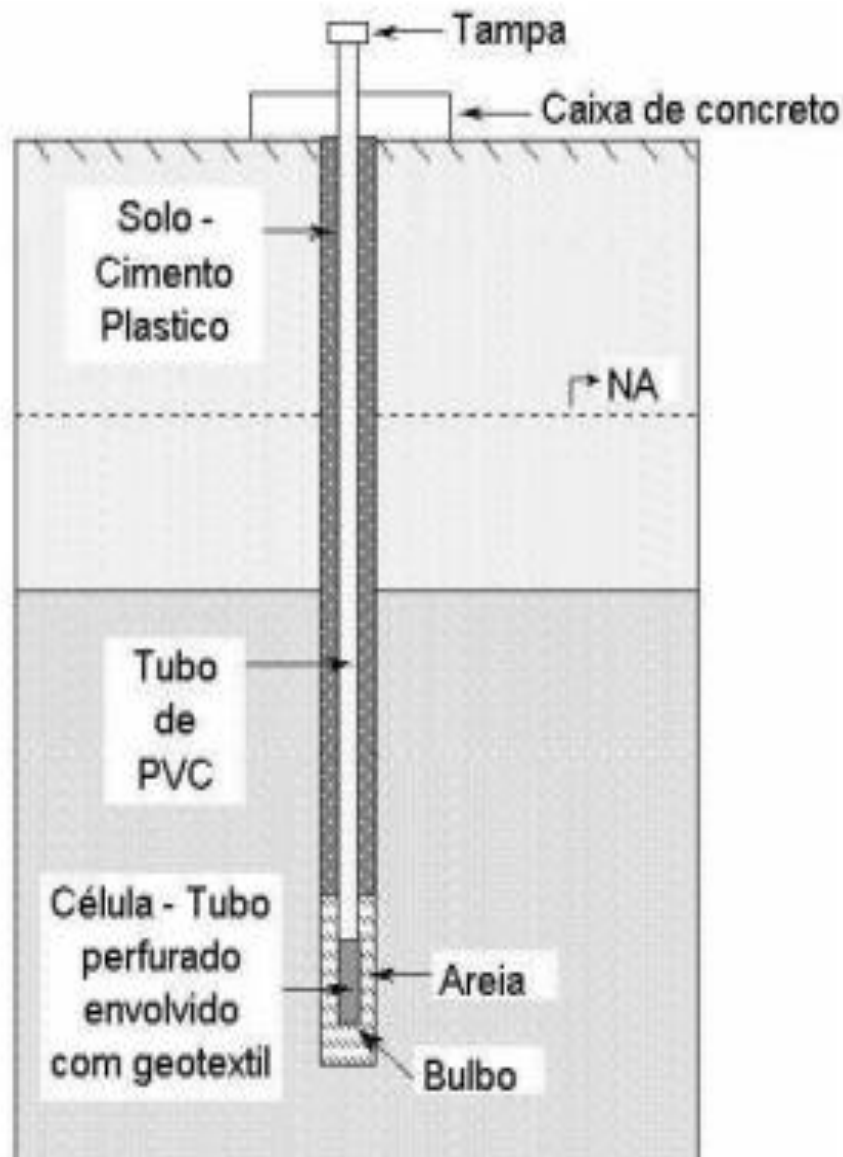
Possibilidade de verificação do seu desempenho por meio de ensaios de recuperação do nível d'água;

Estimativa do coeficiente de permeabilidade do solo onde se encontra instalado o instrumento. (SILVEIRA, 2006).

Além, das facilidades na instalação e vantagens econômicas.

A figura a seguir ilustra o esquema de piezômetro de tubo aberto, que são constituídos por uma célula acoplada a um tubo de PVC.

FIGURA 3 - Esquema de um piezômetro de tubo aberto.



Fonte: Fonseca (2003).

Fonseca (2003) elucidada sobre o esquema do piezômetro de tubo aberto, esclarece que a água dos poros passa através do filtro do bulbo drenante do instrumento até atingir o equilíbrio com a poro-pressão. Esta corresponde à altura da água acima do bulbo do instrumento.

Ainda segundo Brunsden e Prior, (1984) *apud* Aguiar *et al.*, (2005) a medição é feita de maneira que identifique a superfície da água. O piezômetro deste tipo deve ser hidráulicamente isolado com a colocação de uma camada de bentonita sobre a areia fina, devendo-se complementar o restante do tubo até a superfície com

material adequado ou pasta de cimento.

3.2.2 PIEZÔMETRO DE CORDA VIBRANTE

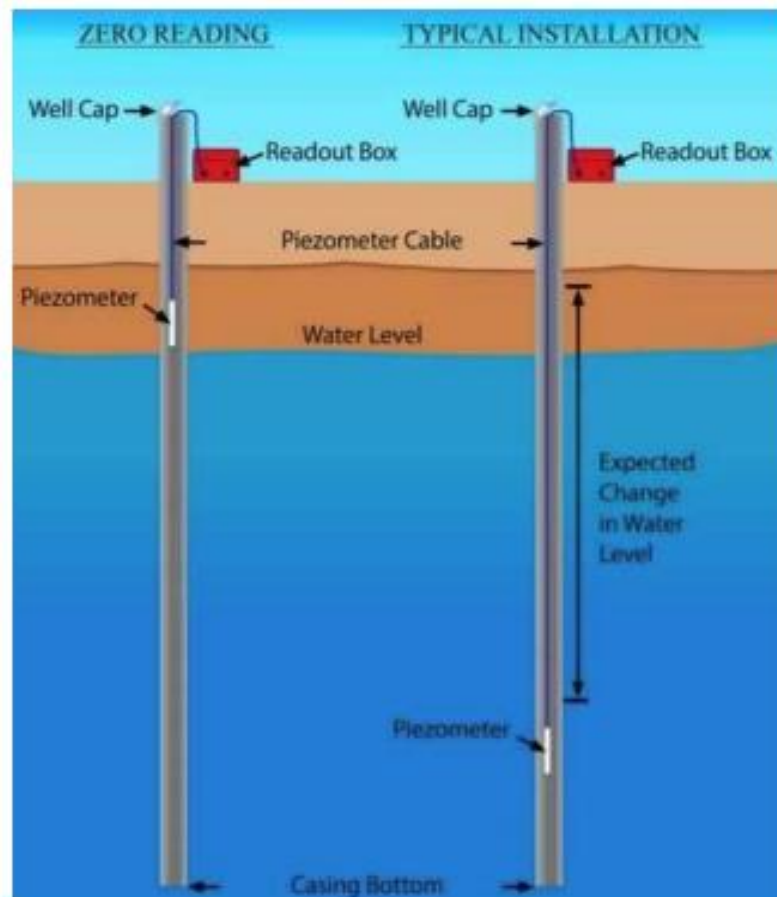
O desempenho do piezômetro elétrico conhecido como piezômetros de corda vibrante, é a medição da pressão intersticial da água que passa por uma pedra porosa para um diafragma interno, em que um transdutor mede a deflexão. Deve-se analisar o alcance da pressão ao escolhe o tipo do piezômetro de corda vibrante, pois quanto maior a distancia do sensor, maior as chances te ter um erro sistemático na leitura (CERQUEIRA, 2017). O autor afirma que este instrumento está substituindo o piezômetro de Casagrande.

Cerqueira (2017) relata que encontra-se distintos modos de instalação do instrumento supramencionado no furo, por sua vez esclarece como há a substituição do piezômetro de Casagrande uma vez que àquele fica instalado em uma célula de areia idêntica este. Segundo a qual, no método convencional o sensor de corda vibrante é a partir da boca do furo posicionado e envolto em areia lançada, de forma que o parâmetro a ser medido é a poro-pressão homogeneizada na célula de areia.

Este possui um diafragma metálico que separa a água do solo do sistema de medição. Uma corda tencionada é acoplada ao centro do diafragma de tal forma que um deslocamento do diafragma causa uma mudança de tensão na corda. As poro-pressões pode ser obtido através de calibração do aparelho. Sugere-se que a escolha seja feita de preferencia por fabricantes que usam blindagem eletromagnética, pois tornam o piezômetro de corda vibrante, mais confiante, precisos e têm o tempo de resposta reduzido

A figura a seguir apresenta um esquema para o posicionamento de piezômetros em tubos ou poço.

FIGURA 4 - Esquema de um piezômetro em tubo ou poço



Fonte: Geokon (2014).

Silveira (2006) apresenta as vantagens dos piezômetros de corda vibrante, relata que o volume extremamente reduzido de água necessário para que apresentem leituras eficientes, apresentando assim respostas praticamente instantâneas.

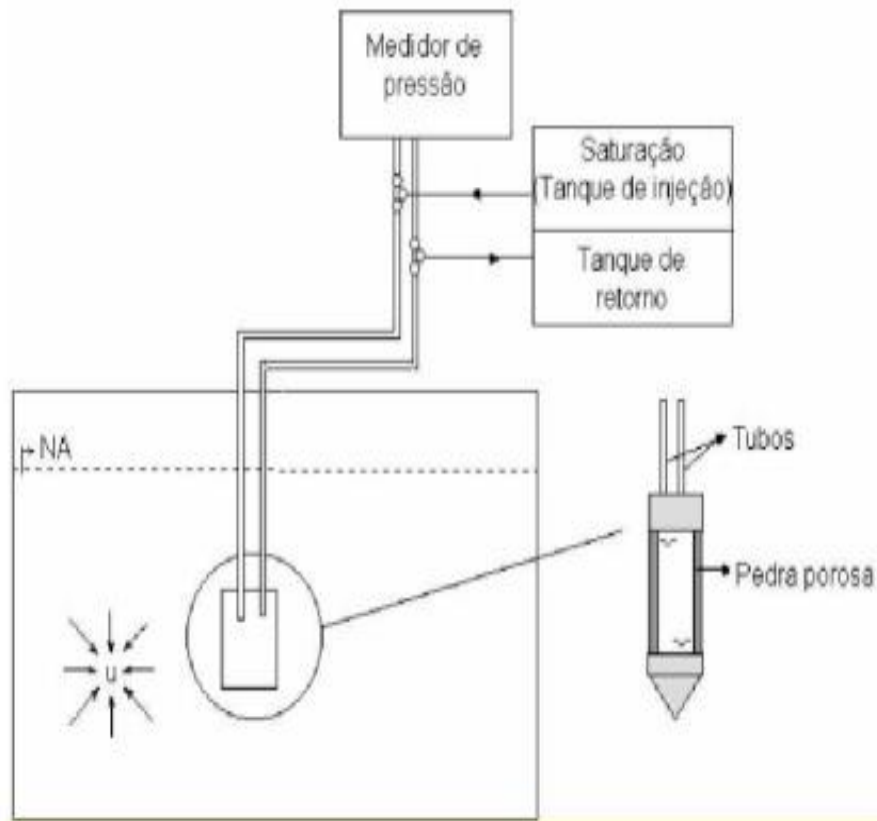
3.2.3 PIEZÔMETROS HIDRÁULICOS

Piezômetro hidráulico fechado chamado de piezômetros do tipo inglês foi desenvolvido para instalação na fundação e no aterro de barragens de terra durante a construção. Autores como Cruz (2004) declaram que estes “piezômetros são os mais indicados para medidas de poro-pressão, tanto na fase construtiva quanto na de enchimento e de operação do reservatório”.

Este instrumento é constituído por uma pedra porosa conectada a um

painel de leitura externo por meio de dois tubos flexíveis de nylon revestidos de polietileno, simplicidade e resistência a longos períodos de tempo. conforme representado no esquema a seguir.

FIGURA 5 - Esquema de um piezômetro hidráulico.



Fonte: Fonseca (2003).

Cruz (2004) apresenta à simplicidade, confiabilidade, a técnica de construção relativamente simples como benefícios do instrumento supramencionado.

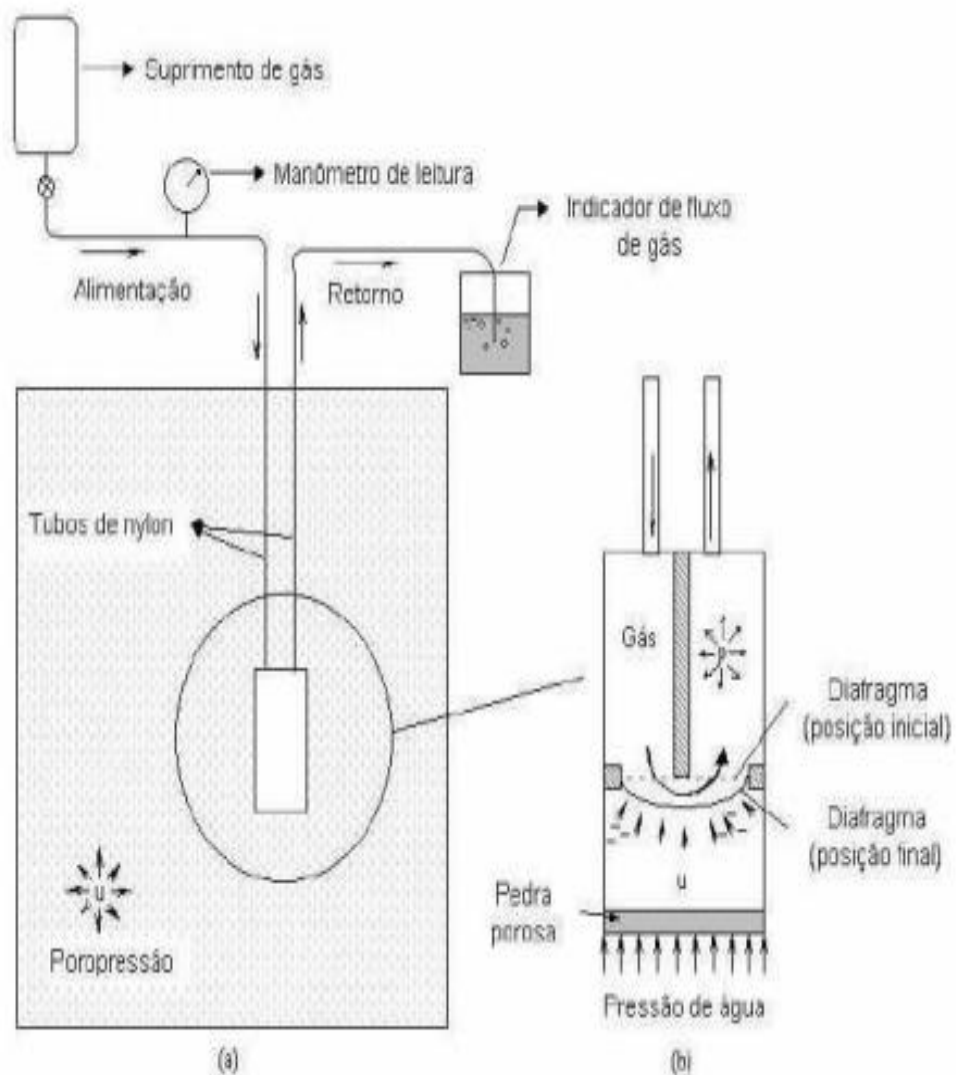
3.2.4 PIEZÔMETROS PNEUMÁTICOS

Este instrumento atua no equilíbrio de pressões em um diafragma flexível, essa estabilidade se dá pela constância da água cuja pressão se deseja medir e do gás cuja pressão é variável e conhecida (CRUZ, 2004).

O desenvolvimento deste instrumento consiste na ampola de suprimento

de gás, um manômetro de leitura, uma pedra porosa e um indicador de fluxo de gás, o piezômetro pneumático apresenta, como principais vantagens: pouca interferência no processo construtivo; nível de topo e de leitura independentes do nível de topo; tempo de resposta relativamente curto; acesso ao sistema de calibração do medidor. (SILVEIRA, 2003). Conforme FIGURA 6, a seguir.

FIGURA 6 - Esquema de um piezômetro pneumático



Fonte: Fonseca (2003).

Já Cruz (2004) diz que as vantagens deste instrumento são “apontadas por não interferência dos recalques sofridos pelos instrumentos sobre as medidas, inexistência das limitações quanto à localização do instrumento, insensibilidade a descargas atmosféricas”.

4 IMPORTÂNCIA DO ACOMPANHAMENTO MEDIANTE O PIEZÔMETRO DE CORDA VIBRANTE NO CONTEXTO FRENTE A SEGURANÇA DE BARRAGENS

Silveira (2006) ressalta que a frequência do monitoramento deve ser adaptada para atender o propósito da construção ou qualquer interesse sobre as condições da obra. Assim, as informações devem ser obtidas para assegurar que o banco de dados será confiável e sempre estar à disposição do engenheiro.

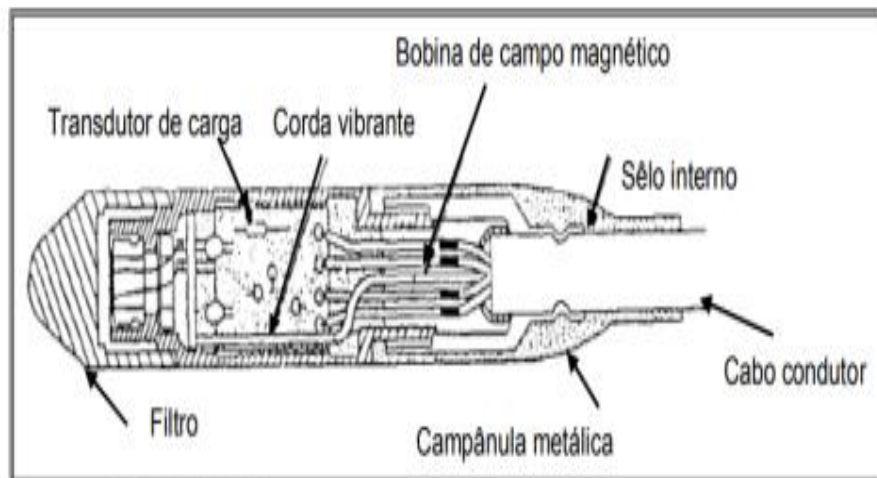
Os dados inerentes a instrumentação é o recurso imensurável para avaliação do instrumento apropriado para analisar o desempenho da obra/barragem e deve ser mantido em fácil acesso (FONSECA, 2003). Se obter uma aferição asseverada é de extrema relevância a instrumentação geotécnica, assim há possibilidade de manter a segurança de barragens, sobretudo para fornecer informações no decorrer da construção, diante de qualquer evento inesperado (VIEIRA, 2017).

Ainda com as particularidades de cada caso, pode-se assimilar diversos instrumentos que tem funções correlacionadas, e são frequentemente utilizados. Destacam-se os marcos superficiais, os inclinômetros, os piezômetros, medidores de vazão. Dentre os instrumentos mencionados, daremos prioridade ao piezômetro de corda vibrante, devido a grande procura no mercado, sua alta sensibilidade e precisão na leitura dos dados.

Instrumento este, desenvolvido em 1930 na França, conhecido como medidor de pressão poroso, tem alta sensibilidade e precisão nas informações fornecidas em suas diferentes versões. Possibilita a integração a sistema automatizado reduzindo radicalmente os erros nas leituras, viabilizando a coleta de dados a distancia. Para impedir equívocos nas leituras devem-se executar calibrações com frequência. (SILVEIRA, 2006).

A FIGURA 7, a seguir demonstra o princípio utilizado para a medição com o piezômetro de corda vibrante.

FIGURA 7 - Esquema de transdutor de Corda Vibrante



Fonte: MACHADO, 2007

O instrumento acima é imune a ruídos elétricos externos. Este substitui o modelo antigo e permite que o equipamento manual se torne autônomo (SILVEIRA, 2006). Piezômetros de corda vibrante permitem um menor tempo de resposta aos comportamentos da barragem, são sensíveis a variações bruscas de níveis de água e não apresentam atrasos nas leituras.

Santos (2019) descreve os Piezômetros de Corda Vibrante, como:

Instrumentos elétricos, cuja principal finalidade é a medição da pressão intersticial da transição da água que passa por uma pedra porosa para um diafragma interno, onde conta-se com um transdutor (sensor) mede a deflexão, oferecendo precisão e confiabilidade em longo prazo, pois possui vida útil na faixa de 30 anos.

O Piezômetro de Corda Vibrante não é abalado pela umidade das aplicações geotécnicas, uma vez que é construído em um cilindro selado, com transdutor de pressão no interior (MACHADO, 2007). Por seus benefícios já mencionados, sua utilização é comum em auscultação de barragens de terra.

O Instrumento supramencionado permite que as leituras sejam realizadas de modo digital mesmo depois de o buraco ser preenchido com cimento. (DAMASCOPENNA, 2020). Segundo Machado (2007) as principais vantagens deste instrumento o mesmo apresenta como vantagens principais “são a alta resolução e precisão dos resultados, os sinais podem ser transmitidos à longa distância, a acessibilidade para instalação e leitura”. Antes da instalação de instrumento deve-se realizar as sondagens para iniciar uma construção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a sondagem é o procedimento técnico imprescindível para qualquer obra. Conforme os resultados da análise de solo, o início da obra pode ser adiado por motivos de segurança e financeiros. Diante do ponto de vista técnico, quanto mais cedo se identificar o problema, haverá mais possibilidades para revertê-lo.

A sondagem permite o reconhecimento da área a ser utilizada, apresenta as características do terreno, a espessura das camadas que o compõe, resistência e a provável localização do lençol freático, quando existir. Caso o engenheiro não tenha conhecimento dos resultados da sondagem à obra corre risco de ter sua estrutura abalada, sua perfuração e edificação com dimensionamento calculado de maneira errada.

A vista disso deduz-se que as barragens precisam de acompanhamento e fiscalização constante em todas as fases de evolução da obra e de vida útil. Ao acompanhar o processo de perto, se previne os riscos. As novas tecnologias estão sendo usadas de modo sucinto aumentando a produtividade e agilizando o tempo de retorno dos resultados, assim qualquer evento anormal pode ser solucionado logo que detectado, possibilitando a prevenção dos riscos.

Destaca a relevância de auscultar a barragem, pois diminui significativamente os gastos da manutenção aumentando a segurança e confiabilidade. A precisão das informações obtidas por meio da instrumentação e auscultação deve ser aperfeiçoada para atingir os níveis de precisão e principalmente confiabilidade para as medições.

Destaca-se a importância do monitoramento por instrumentos e inspeção visual rotineiras em barragens, junto com a avaliação dos dados por pessoal capacitado para se possa prever o comportamento dessas estruturas que são tão numerosas no país.

Por fim, vale enaltecer, as vantagens do piezômetro de corda vibrante, pois o avanço tecnológico deste instrumento possibilita uma alta resolução e maior precisão dos dados obtidos, transmissão à longa distância facilitando o acompanhamento das leituras.

REFERÊNCIAS

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

_____. **NBR 6497**: Levantamento geotécnico. Rio de Janeiro: ABNT, 1983a.

_____. **NBR 6484**: Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2020.

AGUIAR, Marcos Fábio Porto de. *et. al.* **Análise de movimentos em encostas naturais através de monitoramento por instrumentação** – caso Coroa Grande – RJ. Revista Tecnologia Fortaleza, Fortaleza, v. 26, n. 1, p. 46-71, jun. 2005. Disponível em: <<https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/109>>. Acesso em: 15 out. 2022.

BRITO, H. **Influência de fatores geológicos e mecânicos no rendimento de sondagem rotativa em Itabritos**. 2013. Dissertação de mestrado (Mestre em Engenharia Geotécnica) UFOP, Ouro Preto, 2013.

BRITO, W. D. L de; GOMES, C. **Fundação e Geotecnia**: Métodos de investigação geológica e geotécnica da fundação de barragens de concreto. Revista do CEDS. v. 1, n. 9, 2018. p. 1-13.

CARIOCA, D. A. **Estudo de viabilidade entre estaca escavada e sapata isolada em uma edificação**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, Ariquemas, 2020.

CERQUEIRA, Hélio Marcio Lopes *et al.* **Estudo de acurácia da automatização de piezômetros tipo Casagrande em barragens. XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos solos e Engenharia Geotécnica**. (COBRAMSEG): 19 a 22 de outubro, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2016.

_____. **Critérios de projeto para instrumentação piezométrica de diversas estruturas geotécnicas de mineração**. Ouro Preto, 2017.

CHIOSSI, Nivaldo. **Geologia de engenharia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

CRUZ, Paulo Teixeira da. **100 Barragens brasileiras**. 2. ed.. Oficina de textos, 2004.

DAMASCO PENNA. **Instrumentação Geotécnica- Tipos de Piezômetro**. Disponível em: <<https://www.damascopenna.com.br/piezometros/>>. Acesso em: 15 out. 2022.

DELATIM, Ivan José. **Classificação de sondagens (trado, percussão, rotativa e mista) para a apresentação em perfis individuais de sondagens: curso**

examinado sob a perspectiva de ensino e de pensamento geológico. 2017. 138 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, 2017.

FELIPE, J. M. M; ARAUJO JUNIOR, J. L. de. **Estudo dos tipos de fundações: sapatas. Anais:** III Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar e I Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar. 2018. Disponível em: <<https://www.unifimes.edu.br/ojs/index.php/coloquio/article/view/380>>. Acesso em: 16 out. 2022.

FONSECA, Alessandra da Rocha. **Auscultação por instrumentação de barragens de terra e enrocamento para geração de energia elétrica - Estudo de caso das barragens da UHE São Simão.** 2003. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade Federal de Ouro Preto, [S. l.], 2003.

GALVÃO, Bianca Borba *et al.* **Importância da sondagem SPT na construção civil:** tipos de sondagens, seus métodos e utilidades. Pesquisa e Ação, v. 5, n. 2, Jun. 2019.

GEOKON. **Piezometers:** Model 4500 series. Disponível em: <https://www.geokon.com/content/manuals/4500_Piezometer.pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.

LEAL, M. E. S; CHINI, P. **A importância do uso da sondagem em projetos de fundações.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2020.

LIMA, E.M. **Avaliação das principais manifestações patológicas em edifícios escolares de Goiânia-GO:** Estudo de caso em escolas públicas municipais. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020

MACHADO, William Gladstone de Freitas. **Monitoramento de Barragens de Contenção de Rejeitos da Mineração.** Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-31032008-154124/publico/DissertacaoWillianGladstoneMachado.pdf>>. Acesso em: 17 out 2022.

MAYNE, P.W. **Engineering design using the cone penetration test.** Geotechnical applications guide. Vancouver: Conetsinvestig., 2009.

MILITISTSKY, J; CONSOLI, N.C; SCHAID, F. **Patologia das Fundações.** 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANTA CATARINA. **Companhia Catarinense de Águas e Saneamento.** Resolução nº 194 de 13 de março de 1997. Manual de Execução de Sondagens e o Manual para Serviços Topográficos. Disponível em: <http://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/files/Documentos_Download/manual_sondagem.pdf>. Acesso em: 20 OUT. 2022.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa, 2019.

SILVEIRA, João Francisco Alves. **Instrumentação e segurança de barragens de terra e enrocamento**. 1. ed. [S. l.]: Oficina de textos, 2006

SOUZA, M. M. **Principais patologias estruturais e atuais metodologias de controle na construção civil**. Inter- American Journal of Development and Research. v. 2, n. 1, 2019. p. 57- 73.

OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nartan Alves de. **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

PEREIRA, L. B. **Estudo comparativo entre a eficiência de sondagens spt e sísmica rasa para determinação de parâmetros geotécnicos em uma área do município de Caçapava do Sul, RS**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Geologia) - Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2015.

PINHEIRO, Rinaldo J.B. *et. al.* **Avaliação da Condutividade Hidráulica das Unidades Geológico-Geotécnicas de Santa Maria (RS) com a Utilização de Piezômetros**. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, v. 41, n. 1, p. 212-221. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11137/2018_1_212_22>. Acesso em: 20 out. 2022.

PRASNIEVSKI, J. G. **Reconhecimento do nível da água subterrânea na área urbana do município de Pato Branco-Paraná**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, Pato Branco, 2014.

TAVARES, L. S. W. **Reforço estrutural de fundações e sua importância para a reabilitação e conservação do patrimônio histórico**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014

VIEIRA, M. F., *et al.* **Influência do lago da UHE Tucuruí sobre a barragem de concreto: um estudo sobre os MTJ's**. Revista CIATEC-UPF.2017, Vol.9 Issue 1, p1-14. 14p.

WELTMAN, A.J.; HEAD, J.M. **Site investigation manual**. CIRIA Special Publication v. 35, 1983.

ZUCHETTI, P.A.B. **Patologias da Construção civil: Investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no Vale do Taquari/RS**.2015. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário UniVales, Lajeado, 2015.