UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO PARA CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE MACIÇO ROCHOSO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE PIRAJU /SP

KARINA KAORU NAKAGAWA

Orientador: Prof. Dr. Edilson Pizzato
Coorientador: Geól. M.Eng. Marcelo José Pironi Teodoro

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF - 23/32)

SÃO PAULO
2023

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO PARA CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE MACIÇO ROCHOSO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE PIRAJU /SP

KARINA KAORU NAKAGAWA

Monografia apresentada no curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Geologia

Área: Geologia de Engenharia

Orientador: Prof. Dr. Edilson Pizzato
Coorientador: Geól. M.Eng. Marcelo José Pironi Teodoro

SÃO PAULO
2023

Dedico este trabalho a minha família, em especial aos meus pais,
Marisa (in memoriam) e Roberto, e aos meus avós, Sachiko e Kyoei (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a mim mesma, por toda dedicação colocada nesses anos de graduação, por não ter desistido nos momentos mais delicados, por ter mantido a fé e esperança. Toda energia colocada na época vem sendo recompensada agora, e por mais demorado que tenha sido, no fim, valeu a pena.

À minha família, meus pais (Marisa, in memoriam, e Roberto), irmão (Hideki), avós (Sachiko e Kyoei, in memoriam), tios (Joaquim, Elisa, Mylla) e primas (Camila, Juliana, Joana). Foram longos anos, e cada um teve uma contribuição enorme para eu conseguir chegar à conclusão desse ciclo. Em especial, sou grata aos meus pais e avós, por acreditarem em mim, pelo incentivo, pela paciência, dedicação e compreensão.

Ao meu namorado, Denis, pela presença, apoio, suporte, compreensão, paciência, amor e carinho durante o processo. Esse ano não foi fácil e ter você nos momentos felizes ou delicados, foi essencial e de extrema importância, principalmente para me manter firme nos nossos objetivos. Sou extremamente grata, pelo tanto que somos juntos, por complementar meus dias e minha vida.

Aos meus professores da geo, em especial aos meus orientadores, Fábio Dias e Edilson Pizzato. Fábio, pela paciência, confiança e apoio durante o projeto de iniciação científica (FAPESP n° 2021/04046-1). E Edilson, por ter aceitado ser meu orientador neste trabalho de formatura, pela compreensão, apoio, muita paciência e companheirismo.

À empresa Damasco Penna Engenheiros Associados, pela confiança no meu trabalho e permissão para utilizar os dados obtidos em projeto para a realização deste estudo, além de todo apoio e por acreditarem no meu potencial. Agradeço em especial ao Marcelo Pironi, por aceitar ser meu co-orientador, pela paciência, apoio e todo ensinamento/conhecimento passado para mim, tanto no estágio e (agora) efetivada, quanto para a realização deste TF. E Amanda Florêncio, Amanda Oliveira, Giselly, Gabriel e Luhan, por todas as conversas, desabafos, risadas e apoio, vocês foram essenciais para mim, saibam que os dias no trabalho são mais leves com vocês.

Aos amigos que a Geologia me proporcionou, principalmente Isa, Deborah, Jay, Tov, Ícaro e Gabriel pelo apoio, amizade, risadas e momentos juntos; Carita, por toda sinceridade, amizade e presença, tenho muito a te agradecer; Catatau e Mari, por serem amigas incríveis, foram e são minha base, sou feliz e grata por ter vocês em minha vida; por fim, ao Xoppz, minha dupla desde o segundo ano, o meu lado racional nos momentos de ansiedade, agradeço pela incrível amizade e parceria que temos até hoje, pela paciência, compreensão, carinho e apoio.

Aos amigos Akimi, Lucas (Maui), Rafa Mendes, Gustavo, André, Justo e Bia Harue, por estarem presentes desde o início, pelas conversas, desabafos, apoio e conselhos. Muito do que construí tem parte de vocês também.

RESUMO

Nakagawa, K.K., 2023, Ensaios de perda d'água sob pressão para caracterização hidráulica de maciço rochoso localizado no município de Piraju /SP [Monografia], São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

As investigações geológico-geotécnicas são realizadas para obter informações relacionadas às características e condições de subsuperfície no local estudado, visando a elaboração e execução de um projeto de engenharia. No aspecto geológico, delimitar as unidades geológicas e determinar suas características e propriedades geomecânicas são importantes para garantir a segurança da obra de engenharia. No caso de maciços rochosos, faz-se a sondagem rotativa para amostragem e classificação do material presente quanto às feições geológicas e geotécnicas, e, em alguns casos, faz-se necessário o estudo da percolação de água pelas descontinuidades geológicas do maciço rochoso, realizado por meio do ensaio de perda d'água sob pressão, realizado *in situ*. A partir dos dados coletados em campo com o ensaio, obtém-se parâmetros que, ao relacioná-los, formam-se gráficos que auxiliam na interpretação do comportamento do maciço rochoso frente às pressões aplicadas. Os comportamentos podem ser agrupados em cinco grupos, sendo eles fluxo laminar, fluxo turbulento, deformação, lavagem (ou remoção do preenchimento) e preenchimento das descontinuidades. Quanto à condutividade hidráulica, nas regiões mais superficiais apresentaram condutividade muito alta a alta e conforme aumenta a profundidade essa condutividade diminui, variando entre moderada a muito baixa, sendo esperado tal resultado visto que na superfície a rocha tende a ser mais fraturada e/ou branda. Em relação à interpretação do comportamento do maciço rochoso, notou-se que embora sejam utilizados parâmetros diferentes para a construção do gráfico, os resultados divergiram pontualmente, mas de maneira geral fornecem informações complementares que auxiliam na tomada de decisão frente à obra de engenharia.

Palavras-chave: ensaio de perda d'água sob pressão, ensaio Lugeon, geotecnia, estudos geológico-geotécnicos.

ABSTRACT

Nakagawa, K.K., 2023, Water loss tests under pressure for hydraulic characterization of a rock mass located in Pìraju /SP [Monografia], São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

Rock mass investigation is carried out to obtain information related to the characteristics and conditions of the subsurface in the studied location, aiming at the elaboration and execution of an engineering project. In the geological aspect, delimiting geological units and determining their characteristics and geomechanical properties are important to guarantee the safety of engineering projects. In the case of rock masses, rotary drilling is carried out to sample and classify the material present in terms of geological and geotechnical features, and, in some cases, it is necessary to study the water percolation in a fissured rock mass, using water loss test. Parameters are obtained from data collected in field work, and graphs are made to help in the interpretation of the behavior of the rock mass in relation to the applied pressures. The behaviors can be grouped into five groups: laminar flow, turbulent flow, deformation/dilation, wash-out and void filling. As for hydraulic conductivity, in the most superficial regions they presented very high to high conductivity and as depth increases, this conductivity decreases, ranging from moderate to very low, this result being expected since at the surface the rock mass tends to be more fractured. Regarding the interpretation of the behavior of the rock mass, when using different parameters to construct the graph, the results diverged occasionally, but in general they provide complementary information that helps in decision-making in the engineering projects.

Keywords: water loss test, Lugeon test, geotechnics, geological-geotechnical studies.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **1**

2. OBJETIVOS **2**

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO **2**

4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA **3**

4.1. Geologia Regional 3

4.1.1. Bacia do Paraná (Ordoviciano-Cretáceo, 488-65 Ma) 3

4.1.2. Formação Serra Geral (Cretáceo 145-65 Ma) 5

4.2. Investigações Geológico-Geotécnicas 5

4.2.1. Sondagens 5

4.2.1.1. Sondagem a Percussão 5

4.2.1.2. Sondagem Rotativa 9

4.2.2. Descrição de Sondagens 11

4.2.2.1. Descrição de Solos 11

4.2.2.2. Descrição de Rochas 12

4.2.3. Ensaio de Perda d'Água sob Pressão 19

4.2.3.1. Método interpretativo 22

4.2.4. Ensaio de Perda de Carga 26

5. MATERIAIS E MÉTODOS **28**

5.1. Análise dos logs de sondagem 28

5.2. Tratamento e interpretação dos dados obtidos pelo Ensaio de Perda d'Água ... 29

5.3. Correlação entre as sondagens e os ensaios 30

6. RESULTADOS OBTIDOS **30**

6.1. Sondagens 30

6.2. Ensaios de Perda d'Água sob Pressão (EPA) 31

6.3. Comparativo entre Sondagens e Interpretação dos Ensaios 39

7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS **41**

8. CONCLUSÕES **43**

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **44**

APÊNDICE – Gráficos interpretativos dos ensaios de perda d'água

ANEXO A – Perfis de sondagem e fotografias dos testemunhos de sondagem

ANEXO B – Resultados dos ensaios de perda d'água

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localização do município de Piraju, em vermelho, no Estado de São Paulo..... 2
Figura 2: Colunas estratigráficas da Bacia do Paraná, segundo Milani *et al*. (1994) e Zalán *et al*. (1990), modificado de Machado *et al.* (2005). 4
Figura 3: Equipamentos utilizados na sondagem a percussão manual (Castro e Garcia, 2017). 6
Figura 4: Equipamentos utilizados na sondagem a percussão mecanizada (Souza *et al*., 1998). 7
Figura 5: Procedimento para cálculo do RQD (adaptado de Deere e Deere, 1988). 17
Figura 6: Esquema para ensaio de perda d'água com obturador duplo (modificado de Quiñones-Rozo, 2010). 20

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Capacidade mínima e máxima dos torquímetros em relação ao Índice de Resistência N (Peixoto, 2001)..... 9
Tabela 2: Diâmetros de sondagens (ABGE, 2013)..... 10
Tabela 3: Estados de compacidade e de consistência (ABNT, 2020)..... 12
Tabela 4: Graus de alteração (adaptado de Camargo *et al*., 1972, apud Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021)..... 13
Tabela 5: Graus de coerência (Guidicini *et al*. 1972)..... 14
Tabela 6: Graus de fraturamento (Camargo *et al*., 1978 apud Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021)..... 15
Tabela 7: Inclinações das fraturas (DNIT 2010)..... 15
Tabela 8: Tipos de rugosidade das superfícies de fraturas (DEINFRA 1994b)..... 15
Tabela 9: Tipos de preenchimento de fraturas (Ojima e Serra Junior, 2018)..... 16
Tabela 10: Qualidade da rocha em função dos intervalos de RQD (Deere e Deere, 1988). 17
Tabela 11: Classificação da condutividade hidráulica e correção aproximada entre valores de PE e K (Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021)..... 18
Tabela 12: Critérios para determinação da pressão em cada etapa do ensaio..... 21
Tabela 13: Gráficos para interpretação do ensaio Lugeon (modificado de Houlsby, 1976). 24
Tabela 14: Gráficos para interpretação do ensaio Lugeon (modificado de Quiñones-Rozo, 2010)..... 25
Tabela 15: Gráficos para interpretação do ensaio Lugeon (modificado de Vaskou *et al*., 2019)..... 27
Tabela 16: Gráficos para interpretação do ensaio Lugeon (modificado de Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021)..... 28
Tabela 17: Relação da metodologia para interpretação e os parâmetros utilizados..... 29
Tabela 18: Categorias para a classificação do comportamento do maciço rochoso..... 30
Tabela 19: Relação da profundidade das sondagens e quantidades de ensaios..... 31
Tabela 20: Condutividade hidráulica dos ensaios realizados na sondagem SR-01..... 32
Tabela 21: Condutividade hidráulica dos ensaios realizados na sondagem SR-02..... 33
Tabela 22: Condutividade hidráulica dos ensaios realizados na sondagem SR-06..... 34
Tabela 23: Condutividade hidráulica dos ensaios realizados na sondagem SR-07..... 35
Tabela 24: Condutividade hidráulica dos ensaios realizados na sondagem SR-08..... 35
Tabela 25: Compilado das interpretações dos ensaios de perda d'água em SR-01..... 37
Tabela 26: Compilado das interpretações dos ensaios de perda d'água em SR-02..... 37
Tabela 27: Compilado das interpretações dos ensaios de perda d'água em SR-06..... 38
Tabela 28: Compilado das interpretações dos ensaios de perda d'água em SR-07..... 38
Tabela 29: Compilado das interpretações dos ensaios de perda d'água em SR-08..... 39

Tabela 30: Compilado das informações referentes às sondagens e os ensaios de perda d'água..... 40

1. INTRODUÇÃO

A Bacia do Paraná é uma vasta região sedimentar, considerada como bacia intracratônica. Sua evolução está relacionada à geodinâmica do domínio sul-ocidental do Gondwana, região pela qual esteve submetida a esforços compressivos, e durante o Mesozoico, ocorreu um intenso vulcanismo fissural, marcado pela presença de coberturas de lavas, diques e soleiras intrudidas conforme os planos de estratificação já existentes, gerando a Formação Serra Geral. Esta Formação é composta por rochas ígneas, sendo de magmas basálticos e riolíticos (Milani e Ramos, 1997; Milani *et al*., 2007).

Nas investigações geológico-geotécnicas, parte-se do reconhecimento inicial do material presente em subsuperfície, empregando-se de sondagens. Utiliza-se da sondagem a percussão ao ter presença de solo; já a sondagem rotativa, é usada para maciços rochosos. Nesse caso, são fundamentalmente analisados seu estado de alteração e as fraturas (Zumrawi, 2014; de Brito e Gomes, 2018).

No maciço rochoso, é possível caracterizá-lo, no âmbito hidráulico, por meio de ensaios realizados *in situ*, utilizando-se do furo de sondagem realizado anteriormente. Para isso, aplica-se o Ensaio de Perda d'água sob Pressão (EPA), com intuito de estimar a permeabilidade do maciço rochoso frente à percolação de água injetada, possibilitando, também, a estimativa da condutividade hidráulica (Vaskou *et al*., 2019).

Estes parâmetros hidráulicos são importantes para verificar o comportamento do maciço rochoso em relação ao fluido, pois pode estar associado a uma zona de fraqueza, e assim aplicar tratamentos para melhorar suas características (Houlsby, 1976).

Entender a metodologia aplicada, tanto para obtenção das informações do EPA quanto para interpretação do comportamento do maciço rochoso, é de grande importância, principalmente visando a compreensão (e interpretação) do material. Isto porque possibilita uma melhor correlação entre os dados referentes às sondagens e aos ensaios.

Dessa forma, o presente trabalho buscou realizar a caracterização do maciço rochoso quanto às características hidráulicas por meio da interpretação dos EPA realizados na região de Piraju (SP), utilizando-se da metodologia de Houlsby (1976), Quiñones-Rozo (2010), Vaskou *et al*. (2019) e Azevedo, Guimarães e Côrtes (2021). Ainda, buscou-se fazer a correlação entre as interpretações do comportamento do maciço rochoso e a descrição dos testemunhos de sondagem recuperados.

Este projeto foi realizado com base nos dados obtidos e fornecidos pela empresa Damasco Penna Engenharia Geotécnica, onde a aluna realizou estágio, e por questões contratuais não foi mencionado o nome da empresa contratada e não foi indicado o local exato dos ensaios realizados.

2. OBJETIVOS

Este Trabalho de Formatura tem como objetivo realizar a caracterização hidráulica do maciço rochoso, localizado na região de Piraju (SP), por meio dos Ensaios de Perda d'Água sob Pressão (EPA).

Ainda, busca-se correlacionar os resultados obtidos por EPA e pelas sondagens, a fim de compreender a influência mútua que possam apresentar. Torna-se importante apresentar as informações desta maneira pois auxilia na tomada de decisão para obras de grande porte, por exemplo.

O trabalho apresenta também o estado da arte deste ensaio de campo, que vem sendo utilizado para várias aplicações na mecânica de rochas.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Piraju, situado à sudoeste do Estado de São Paulo, na região do Vale do Paranapanema (Figura 1). O território apresenta uma área de aproximadamente 504 km², e possui como rio principal o Rio Paranapanema.

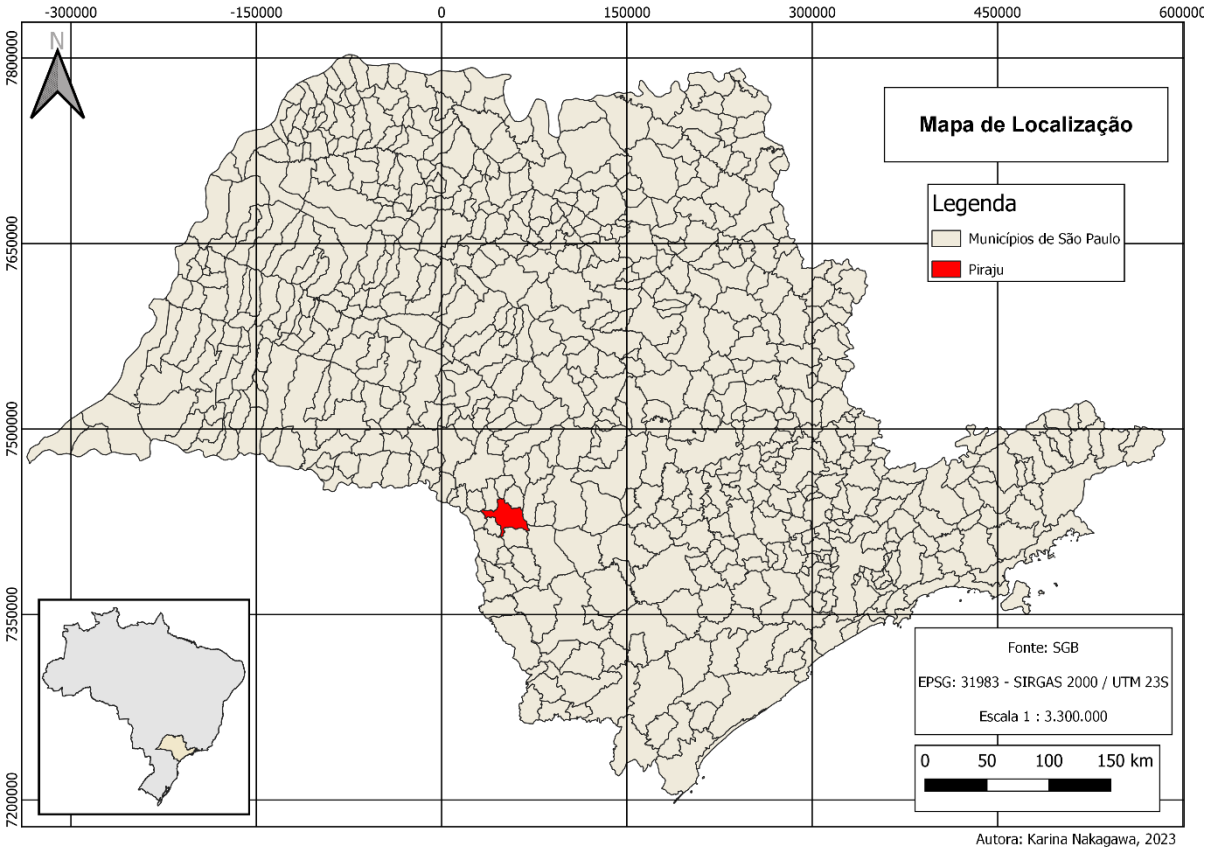


Figura 1: Localização do município de Piraju, em vermelho, no Estado de São Paulo.

4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Geologia Regional

4.1.1. Bacia do Paraná (Ordoviciano-Cretáceo, 488-65 Ma)

A Bacia do Paraná é uma vasta região sedimentar, totalizando uma área de aproximadamente 1,5 milhão de quilômetros quadrados, estando distribuída em regiões do Brasil meridional, Paraguai oriental, nordeste da Argentina e norte do Uruguai (Milani *et al*., 2007).

A evolução da Bacia do Paraná está fortemente associada à geodinâmica do domínio sul-ocidental do Gondwana, região onde esteve submetida a esforços de caráter compressivo devido à convergência entre o bloco siálico gondwânico e a litosfera oceânica do Pathalassa. Ainda, por conta da sua posição geotectônica atual e pelas suas características tectono-sedimentares, considera-se a Bacia do Paraná como uma bacia intracratônica (Milani e Ramos, 1997).

Foram reconhecidas seis unidades de Supersequências na Bacia do Paraná (Figura 2), sendo elas Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano, 488-416 Ma), Paraná (Devoniano, 416-359 Ma), Gondwana I (Carbonífero-Triássico Inferior, 359-245 Ma), Gondwana II (Triássico Médio a Triássico Superior, 254-199 Ma), Gondwana III (Jurássico Superior-Cretáceo Inferior, 161-99 Ma) e Bauru (Cretáceo Superior, 99-65 Ma) (Milani *et al*., 2007).

A Unidade Rio Ivaí é a mais antiga já identificada na Bacia do Paraná, sendo constituída pelas formações Alto Garças (conglomerados e arenitos), Iapó (diamictitos) e Vila Maria (folhelhos fossilíferos e siltitos). As fácies presentes no pacote Rio Ivaí evidenciam o primeiro ciclo transgressivo-regressivo da sedimentação cratônica da Bacia do Paraná, sendo a natureza da sedimentação predominantemente marinha (Milani *et al*., 2007).

A Supersequência Paraná é composta pelas formações Furnas e Ponta Grossa, sendo o segundo ciclo transgressivo-regressivo no registro estratigráfico da Bacia. A Formação Furnas possui sedimentos arenosos continentais e transicionais eodevonianos e a Formação Ponta Grossa possui sedimentos marinhos silto-argilosos, correspondendo às condições de mar alto (Milani e Ramos, 1997; Milani *et al*., 2007).

A Supersequência Gondwana I apresenta o maior volume sedimentar da Bacia do Paraná. O pacote sedimentar associado diretamente à fase de degelo é conhecido como Grupo Itararé (Formação Aquidauana na região norte da bacia), constituído predominantemente por diamictitos intercalados a arenitos. Em sequência, tem-se o Grupo Guatá, composto pela Formação Rio Bonito (arenitos finos, siltitos e siltitos carbonosos) e Formação Palermo (siltitos e siltitos arenosos). Em seguida, uma seção regressiva foi acondicionada por um ciclo de subsidência, tratando-se do Grupo Passa Dois, formado pela Formação Irati (carbonatos e evaporitos na porção norte, e folhelhos betuminosos na porção

sul da bacia), Formação Serra Alta (folhelhos escuros), Formação Teresina (predominantemente pelítico) e Formação Rio do Rasto (pelitos lacustres, arenitos eólicos e depósitos fluviais) (Milani e Ramos, 1997; Milani *et al*., 2007). Ainda, tem-se a Formação Pirambóia (depósitos fluviais e eólicos), que está inserida no domínio setentrional da Bacia.

A Supersequência Gondwana II é representada pela Formação Santa Maria (arenitos, conglomerados e folhelhos), sendo depósito formado em ambiente fluvial-lacustre. Esta supersequência está restrita à porção sul da Bacia (no estado do Rio Grande do Sul e região norte do Uruguai) (Milani *et al*., 1998; Milani, França e Medeiros, 2006).

Já a Supersequência Gondwana III, compreende os arenitos de origem eólica da Formação Botucatu e os magmatitos da Formação Serra Geral com os basaltos toleíticos e andesitos basálticos (Milani *et al*., 2007).

Por fim, a Supersequência Bauru corresponde a cobertura pós-basáltica, sendo acumulada em condições áridas a desérticas. Quanto a sua litoestratigrafia, é formado pelo Grupo Caiuá (com as formações Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio) e pelo Grupo Bauru (com as formações Uberaba, Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto Presidente Prudente e Marília). O Grupo Caiuá foi gerado em ambiente eólico, enquanto o Grupo Bauru foi formado em ambiente aluvial e fluvial (Milani *et al*., 2007).

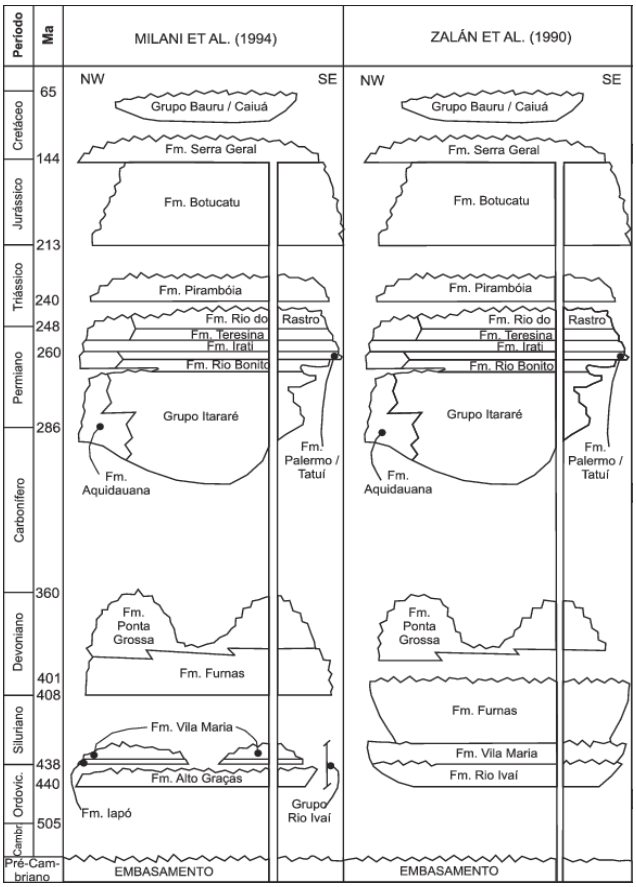


Figura 2: Colunas estratigráficas da Bacia do Paraná, segundo Milani *et al.* (1994) e Zalán *et al*. (1990), modificado de Machado *et al*. (2005).

4.1.2. Formação Serra Geral (Cretáceo 145-65 Ma)

A ocorrência de intenso vulcanismo fissural durante o Mesozoico é uma das características comuns das bacias cratônicas sul-americanas. Na Bacia do Paraná, o evento foi representado na forma de cobertura de lavas espessas, diques atravessando totalmente a seção sedimentar e soleiras intrudidas que seguem os planos de estratificação existentes dos sedimentos paleozoicos (Milani *et al*., 2007), levando à geração da Formação Serra Geral.

Esta Formação é constituída por rochas ígneas, sendo as rochas dominantes basalto, andesito basáltico e andesito, seguidas de riodacito e pouco riolito (Hartmann, 2014). Observa-se que há uma zona de distribuição das rochas básicas e intermediárias predominantes, sendo de alto-Ti na região norte da província vulcânica Paraná, separados nos tipos Urubici, Pitanga e Paranapanema, e baixo-Ti na porção sul, com os tipos Gramado, Esmeralda e Ribeira (Peate *et al*.,1992; Milani *et al*., 2007; Hartmann, 2014). Já quanto às rochas vulcânicas ácidas, na porção centro-norte da Bacia há dacitos, riodacitos, quartzo latitos e riolitos com altos teores de Titânio (Ti), designado como tipo Chapecó, e na região sul da Bacia do Paraná encontram-se riolitos e riodacitos com baixo-Ti agrupados como tipo Palmas (Janasi *et al*., 2005).

4.2. Investigações Geológico-Geotécnicas

As investigações geológico-geotécnicas são comumente realizadas para auxiliar na compreensão das características e condições de subsuperfície do local estudado para a elaboração e execução de um projeto de engenharia (Zumrawi, 2014; de Brito e Gomes, 2018). Os métodos de investigação podem ser indiretos (geofísicos, sísmicos, geolétricos) e diretos (mapeamento geológico, sondagens) (de Brito e Gomes, 2018).

Quanto ao aspecto geológico, tem como principal objetivo a delimitação das unidades geológicas, seus horizontes e determinação das características e propriedades geomecânicas (de Brito e Gomes, 2018).

Em um projeto de engenharia, esta etapa de investigação é de grande importância. Caso os ensaios sejam feitos de maneira inadequada, haverá influência direta no momento da interpretação feita pelos geólogos e engenheiros, podendo causar eventuais acidentes. E esses acidentes podem ocorrer a curto, médio ou longo prazo (Zumrawi, 2014).

4.2.1. Sondagens

4.2.1.1. Sondagem a Percussão

A Sondagem a Percussão, também chamada de Sondagem de Simples Reconhecimento com SPT (*standart penetration test*) é um método de investigação geológico-

geotécnica que fornece as seguintes informações: (i) reconhecimento do tipo de solo e suas respectivas profundidades de ocorrência, (ii) indica a posição do nível d'água (quando houver) e (iii) determina os índices de resistência à penetração (N) por meio do ensaio SPT, realizado a cada metro (ABNT, 2020). Para este tipo de ensaio, há dois sistemas de execução, sendo sistema de sondagem manual e sistema de sondagem mecanizado (ABNT, 2020).

Na sondagem manual, o equipamento (Figura 3) é constituído principalmente por torre com roldana, tubos de revestimento, hastes de perfuração/cravação, trados concha e helicoidal, trépano (peça de lavagem), barrilete-amostrador (amostrador padrão), cabeça de bater e martelo de ferro com 65,0 kg e haste guia (ABNT, 2020).

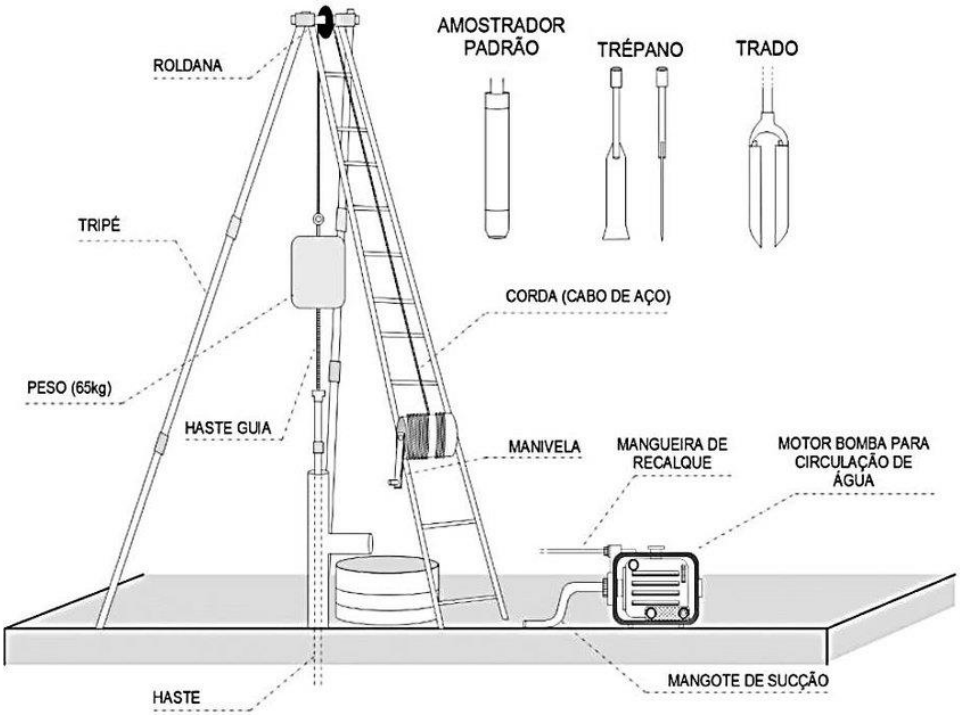


Figura 3: Equipamentos utilizados na sondagem a percussão manual (Castro e Garcia, 2017).

Já na sondagem mecanizada (Figura 4), os principais componentes são perfuratriz rotativa, tubos de revestimento, haste de perfuração/cravação, trados oco e helicoidal contínuo, tricone, barrilete-amostrador (amostrador padrão), cabeça de bater e martelo automático de ferro com 65,0 kg (ABNT, 2020).

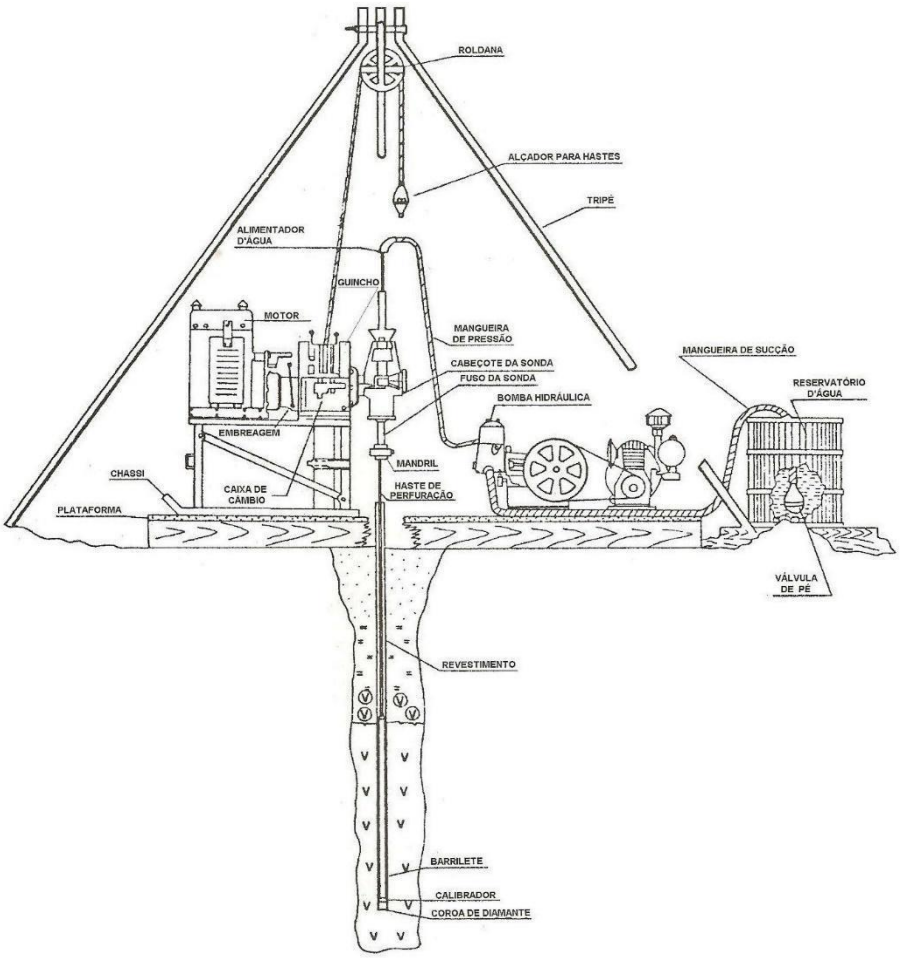


Figura 4: Equipamentos utilizados na sondagem a percussão mecanizada (Souza *et al.,* 1998).

O ensaio SPT, ou ensaio de penetração padronizado, é aplicado para determinar os índices de resistência à penetração (N) do solo. É realizado a cada metro perfurado, a partir de 1,0 metro de profundidade, e consiste na cravação de 45 cm, dividido em três intervalos de 15 cm, do barrilete-amostrador no fundo do furo. Ao ocorrer a impenetrabilidade ao SPT, no sistema manual, dá-se início a execução do ensaio de avanço da perfuração por circulação de água, conhecido também por ensaio de lavagem por tempo (ABNT, 2020).

Quanto ao critério de paralisação da sondagem, para o sistema mecanizado deve ser fornecida pela contratante, de acordo com a necessidade do projeto; já para o sistema manual, considera-se (i) a profundidade definida pela contratante, (ii) quando no ensaio de lavagem por tempo os avanços obtidos forem inferiores a 5 cm em cada intervalo de 10 minutos, ou (iii) na ausência do fornecimento do critério pela contratante, as sondagens devem ser avançadas até atingir um dos critérios:

a) Avanço da sondagem até a profundidade onde foi obtido 10 m de resultados consecutivos indicando N igual ou superior a 25 golpes;
b) Avanço da sondagem até a profundidade onde foi obtido 8 m de resultados consecutivos indicando N igual ou superior a 30 golpes;

c) Avanço da sondagem até a profundidade onde foi obtido 6 m de resultados consecutivos indicando N igual ou superior a 35 golpes.

Caso tenha interesse, após atingir o critério de paralisação, pode-se continuar a sondagem com o uso da sonda rotativa, denominada como sondagem mista (percussão e rotativa) (ABNT, 2020).

A amostragem deve ser feita por meio da coleta e armazenamento de uma porção representativa do material obtido a cada metro, sendo devidamente identificado quanto à profundidade correspondente. No que se refere a descrição da amostra, ela é feita com base na identificação tátil-visual do material.

Durante a perfuração, quando se atinge o nível d'água, a sondagem é interrompida e é feita a medição da profundidade do nível d'água. Após essa primeira leitura, é feita novas medições a cada 5 minutos, sendo observada por no mínimo 15 minutos. Ainda, a posição do nível d'água é obtida todos os dias, sendo antes do início dos trabalhos, quando a perfuração se estende por mais de um dia, e após 24 horas do término da sondagem (ABNT, 2020). E após finalizar o furo e sendo feita a última leitura do nível d'água, o furo é fechado, sendo preenchido com calda de cimento, bentonita ou mistura determinada pela contratante.

Sondagem a Percussão com Torque (SPT-T)

A Sondagem a Percussão com medida de Torque (Ranzini, 1994) possui o mesmo campo de aplicação, apresentando um parâmetro a mais, que não prejudica a produtividade da sondagem e não há um alto custo adicional à obra (Peixoto, 2001). Esta medida é feita após a cravação do amostrador a cada metro, coloca-se o torquímetro na cabeça de bater e imediatamente é feita a rotação, realizando a leitura do torque máximo e torque residual. O torque máximo está associado ao momento de torção máximo necessário para rotacionar o amostrador, representando um parâmetro de resistência lateral, e a leitura é feita sempre antes de completar a primeira volta. O torque residual se refere ao momento de torção residual que se mantém constante após a ruptura do atrito lateral entre o amostrador e o solo, e a leitura é obtida durante a rotação ininterrupta do torquímetro ao completar a segunda volta do ensaio (Peixoto, 2001).

Quanto aos equipamentos, são utilizados os mesmos da sondagem a percussão manual, havendo acréscimo do torquímetro, que é uma ferramenta mecânica para obter a medida de torque. É recomendado utilizar três torquímetros de diferentes capacidades, pois é importante se atentar a capacidade do equipamento mais adequada, podendo ser feita em função do valor do índice de resistência N (Tabela 1). Ainda, deve-se realizar a calibração periodicamente e sempre que houver algum impacto do equipamento ou exceder à capacidade máxima durante o ensaio (Peixoto, 2001). Os valores de torque são apresentados

na unidade internacional (N.m) ou na unidade mais usual na prática (kgf.m), sendo especificado no relatório.

Tabela 1: Capacidade mínima e máxima dos torquímetros em relação ao Índice de Resistência N (modificado de Peixoto, 2001).

Índice de Resistência N	Torquímetro	
	Capacidade Mínima (kgf.m)	Capacidade Máxima (kgf.m)
0 – 10	6	27
11 – 30	10	48
30 – 45	17	80

4.2.1.2. Sondagem Rotativa

A sondagem rotativa é um método de investigação no qual utiliza um conjunto de equipamento mecanizado de perfuração para amostragem de materiais rochosos (ABGE, 2013). Para a obtenção dessas amostras, a sondagem é realizada com perfuratriz hidráulica por meio da injeção de água sobre pressão e rotação de coroas diamantadas, que permitem o corte e coleta das amostras de rochas, denominadas testemunhos (DER, 2006).

Usa-se este método de perfuração quando se deseja amostrar e classificar rochas presentes em subsuperfície e prosseguir com a perfuração após atingir a impenetrabilidade da sondagem a percussão (sondagem mista) (DER, 2006; ABNT, 2020).

Neste tipo de sondagem, os principais componentes são perfuratriz rotativa, tubos de revestimento em aço, haste de perfuração/cravação, barrilete-amostrador (tipo simples, duplo-rígido ou de tubo interno removível), coroas cortantes (widia ou diamantada) (ABGE, 2013). Ao realizar sondagem em solo, rocha porosa, alterada ou muito fraturada, geralmente é utilizado revestimentos para impedir o fechamento do furo (DER, 2006).

Ainda, para sondagem rotativa, é utilizado um sistema de normalização quanto a dimensão e nomenclatura para revestimentos, hastes, barriletes, calibradores e coroas, chamado de DCDMA (*Diamond Core Drill Manufacturers Association*). O diâmetro desses equipamentos é caracterizado por letras (E, A, B, N e H) (DER, 2006). A Tabela 2 apresenta os diâmetros mais comuns de furos e testemunhos de sondagens.

Tabela 2: Diâmetros de sondagens (ABGE, 2013).

Nomenclatura (Padrão DCDMA)	Diâmetro do Furo (mm)	Diâmetro do Testemunho (mm)
EW	37,7	21,4
AW	48,0	30,1
BW	60,0	42,0
NW	75,5	54,0
HW	99,2	76,2

A perfuração é feita por meio de manobras, que consistem em ciclos com a etapa de perfuração e a de coleta da amostra. O material perfurado, ao ser retirado do barrilete-amostrador, é armazenado em caixas de madeira ou plástico, contendo marcação dos respectivos comprimentos das manobras realizadas (ABGE, 2013).

O tipo de coroa adequada a ser utilizada na sondagem irá depender da rocha no local de estudo. Para rochas brandas, como folhelhos e calcários, o equipamento de corte ideal é uma coroa de widia. Já para rochas rígidas, como granitos, gnaisses, basaltos, usa-se a coroa diamantada (Lima e Porto, 1979).

Caso note a presença de trecho com mais de 50 cm de material pouco resistente (solo ou rocha extremamente alterada), deve-se interromper a perfuração e realizar o ensaio de SPT. E esse ensaio é feito até que se atinja a impenetrabilidade (ABGE, 2013).

Quando se atinge o nível d'água, faz-se a medição da sua profundidade. Essa medida é feita todos os dias, antes de iniciar os trabalhos de perfuração, ao estender por mais de um dia de perfuração, e 24h após o término da sondagem (ABGE, 2013).

Diz-se que a sondagem foi finalizada quando atinge a profundidade desejada, conforme a programação feita. Após seu término, não sendo necessário manter o furo aberto, é feito o preenchimento do mesmo, utilizando-se de calda de cimento ou argamassa, nos casos de sondagens feitas em barragens, túneis ou escavações profundas a céu aberto, ou usando solo ou solo-cimento, nos demais tipos de obras (ABGE, 2013).

Durante a perfuração, a amostragem deve ser contínua e total, sendo o material recuperado armazenado adequadamente em caixas padronizadas de maneira ou plástico, com tampa, e divididos de acordo com a manobra realizada, sendo colocados separadores (*core shocks*) com a respectiva metragem. Manter a ordem e a orientação entre os testemunhos é importante para o momento da descrição e classificação (ABGE, 2013).

4.2.2. Descrição de Sondagens

4.2.2.1. Descrição de Solos

As amostras de solos são descritas de maneira tátil-visual, por meio da identificação das características referentes ao solo, como granulometria, plasticidade, cor, origem e outros parâmetros que sejam relevantes (presença de matéria orgânica, micas, detritos vegetais, entulhos, entre outros) (ABNT, 2020).

Inicialmente, os solos são identificados conforme sua granulometria, sendo realizado a fricção da amostra com os dedos, buscando classificá-los em solos finos (argilas e siltes) e solos grossos (areias e pedregulhos). Ao tato, os solos finos apresentam aspecto macio, enquanto os solos grossos são ásperos. Ainda, pode-se separar os grãos a partir da sua dimensão (granulometria), sendo as argilas e siltes menores que 0,1 mm, areias entre 0,1 e 2,0 mm, e pedregulhos maiores que 2,0 mm (ABNT, 2020). Ainda, areias e pedregulhos podem ser subdivididos em finos, médios e grossos.

As areias são facilmente identificadas por serem visíveis a olho nu e por não apresentarem coesão entre grãos quando secas ao ar. Já os siltes, são menos ásperos ao tato, em comparação às areias, porém, quando secos ao ar, formam torrões que se desmancham facilmente ao serem pressionados entre os dedos. Por sua vez, as argilas, ao serem umedecidas, apresentam plasticidade e coesão, permitindo que sejam moldadas e deformadas facilmente, e quando são secas ao ar formam torrões que não se desmancham facilmente ao pressionar entre os dedos (DEINFRA, 1994a).

Quando for observado na amostra a presença de detritos vegetais, matéria orgânica, entulhos, entre outros, faz-se necessário o complemento na classificação com os termos adequados referente a tais características (ex.: com detritos vegetais, com matéria orgânica, com entulhos etc.). Ainda, ao observar a presença de grande quantidade de micas e caulim, deve-se acrescentar os termos, micáceo e caulinítico, respectivamente, na classificação do solo (ABNT, 2020).

Com relação à coloração da amostra de solo, deve-se utilizar os termos branco, cinza, preto, marrom, amarelo, vermelho, roxo, azul e verde, podendo complementar com claro ou escuro (ABNT, 2001). Ainda segundo a NBR-6484 (ABNT, 2020), ao apresentar mais de duas cores, deve-se utilizar o termo variegado no lugar da terminologia das cores.

Por fim, tem-se a classificação genética, que está associada à origem do solo. O solo pode ser classificado como aterro, eluvio, colúvio, aluvião, sedimento (eólico, marinho), solo residual ou solo de alteração de rocha (ou saprolito).

Ao ser realizada sondagem a percussão com ensaio penetrométrico (SPT), os solos devem ser classificados, também, quanto a sua compacidade ou consistência, a partir do Índice de Resistência à Penetração, conforme a Tabela 3 (ABNT, 2020).

Tabela 3: Estados de compacidade e de consistência (ABNT, 2020).

Solo	Índice de Resistência à Penetração (N)	Designação*
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5 – 8	Pouco Compacta(o)
	9 – 18	Medianamente Compacta(o)
	19 – 40	Compacta(o)
	> 40	Muito Compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito Mole
	3 – 5	Mole
	6 – 10	Média(o)
	11 – 19	Rija(o)
	20 – 30	Muito rija(o)
	> 30	Dura(o)
(*) As expressões empregadas para a classificação da compacidade das areias (fofa, compacta, etc.), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compacidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definido na Mecânica dos Solos.		

4.2.2.2. Descrição de Rochas

A descrição dos testemunhos de rochas é feita com base na observação e identificação de feições geológicas-geotécnicas das rochas recuperadas, como litologia, grau de alteração, grau de coerência, parâmetros relacionados às descontinuidades (como grau de fraturamento, inclinação das fraturas, tipos de preenchimentos e rugosidades das fraturas), recuperação dos testemunhos e qualidade da rocha (RQD ou IQR) (Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021).

Litologia

É feita a identificação do tipo litológico (ígnea, metamórfica, sedimentar) e são colocados adjetivos que complementam a descrição da rocha, como cor, textura (granulometria), estrutura, e outros aspectos importantes caso estejam presentes (por exemplo, vesicular, amigdaloidal, xistoso, bandado etc.) (Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021).

A classificação litológica é dada com base na nomenclatura de rochas utilizadas na geologia. Porém, procura-se fazer de maneira clara e breve, pois é importante ser compreendida por geólogos, engenheiros e outros profissionais envolvidos no projeto.

Grau de Alteração

O grau de alteração está diretamente associado às mudanças físicas e químicas dos minerais da rocha devido a ação dos processos de intemperismo. Determinar este parâmetro é importante pois quanto maior a alteração mineralógica presente na rocha, menor será a resistência mecânica da rocha, além de aumentar a deformabilidade, porosidade e absorção de água (Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021).

Uma forma de avaliar o grau de alteração é utilizando tabelas nas quais são definidos os graus de alteração e os seus respectivos critérios, sendo considerados a variação de cor da rocha, variação do brilho dos minerais presentes, porosidade, coesões e friabilidade (Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021). A Tabela 4 mostra o método de classificação do grau de alteração (Camargo *et al*., 1972, *apud* Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021).

Tabela 4: Graus de alteração (adaptado de Camargo *et al*., 1972, *apud* Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021).

Sigla	Denominação	Características da Rocha
A1	Rocha sã	Apresenta minerais principais sem vestígios de alterações físicas e químicas.
A2	Rocha pouco alterada	Apresenta minerais com alterações incipientes, sendo ligeiramente descolorida.
A3	Rocha medianamente alterada	Apresenta minerais medianamente alterados, e se encontra bastante descolorida.
A4	Rocha muito alterada	Apresenta minerais muito alterados, às vezes pulverulentos e friáveis.
A5	Rocha extremamente alterada	Apresenta minerais totalmente alterados, friáveis e na forma de solo de alteração.

Grau de Coerência

Quanto ao grau de coerência, diz respeito à resistência da rocha frente a pressão dos dedos (friabilidade), ao risco (dureza) e ao impacto (tenacidade). Embora seja utilizada em todos os tipos litológicos, possui maior relevância nas rochas sedimentares, principalmente aquelas em que o parâmetro de alteração não pôde ser utilizado. Ainda, tanto o grau de coerência quanto o grau de alteração, são correlacionáveis à resistência mecânica e deformabilidade da rocha (Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021).

Para realizar sua classificação, observa-se a resistência que a rocha apresenta ao golpear com martelo e ao riscar com lâmina de aço, e é feita a comparação com as características mostradas na Tabela 5, proposta por Guidicini *et al.*, 1972.

Tabela 5: Graus de coerência (Guidicini *et al*. 1972).

Sigla	Denominação	Características da Rocha
C1	Rocha coerente	Quebra com dificuldade ao golpe do martelo, produzindo fragmentos de bordas cortantes. Superfície dificilmente riscável por lâmina de aço. Somente escavável a fogo.
C2	Rocha medianamente coerente	Quebra com dificuldade ao golpe do martelo. Superfície riscável por lâmina de aço. Escavável a fogo.
C3	Rocha pouco coerente	Quebra com facilidade ao golpe do martelo, produzindo fragmentos que podem ser partidos manualmente. Superfície facilmente riscável por lâmina de aço. Escarificável.
C4	Rocha incoerente	Quebra com a pressão dos dedos, desagregando-se. Pode ser cortada por lâmina de aço. Friável e escavável com lâmina.

Descontinuidades

Descontinuidade é uma feição geológica que gera a interrupção da continuidade física do maciço rochoso, sendo um parâmetro importante a ser estudado pois influencia nas propriedades geomecânicas relacionados a resistência, deformabilidade e permeabilidade (Freitas, 2011). Pode-se citar como exemplos de descontinuidade: fraturas, falhas e juntas-falhas.

Feições estruturais como estratificações, foliações, xistosidades e contatos litológicos, podem causar zonas de fraquezas no maciço rochoso, e posteriormente gerar uma descontinuidade (Ojima e Serra Junior, 2018).

As descontinuidades podem ser caracterizadas por meio de testemunhos de sondagem, e para isso, é feita a identificação dos parâmetros presentes na amostra, como o grau de fraturamento, inclinação das fraturas, tipos de preenchimento e rugosidade das superfícies das fraturas (Ojima e Serra Junior, 2018).

O grau de fraturamento está associado à quantidade de fraturas que cortam o testemunho de sondagem. Este parâmetro é calculado a partir da contagem do número de fraturas presentes em um trecho da sondagem que se encontra isofraturado, ou seja, com quantidade de fraturas semelhantes, e o resultado é expresso em número de fraturas por metro (Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021). Para este cálculo, apenas as fraturas naturais são consideradas, sendo necessário se atentar a presença de fraturas mecânicas resultantes do processo de perfuração e a presença de fraturas fechadas ou com preenchimento (Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021). Esse parâmetro apresenta restrições ao ser usado para rochas ígneas e metamórficas com alto grau de alteração e para rochas sedimentares, devido à dificuldade na distinção das fraturas naturais e provocadas durante a perfuração

(Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021). A Tabela 6 apresenta a classificação quanto ao grau de fraturamento proposto por Camargo *et al*., 1978 *apud* Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021.

Tabela 6: Graus de fraturamento (Camargo *et al*., 1978 *apud* Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021).

Sigla	Fraturas por Metro	Denominação
F1	< 1	Ocasionalmente Fraturado
F2	1 – 5	Pouco Fraturado
F3	6 – 10	Medianamente Fraturado
F4	11 – 20	Muito Fraturado
F5	> 20	Extremamente Fraturado

A inclinação da descontinuidade está relacionada ao ângulo de mergulho que ela faz com o plano horizontal. A Tabela 7 apresenta a classificação das descontinuidades, segundo o DNIT (2010).

Tabela 7: Inclinações das fraturas (DNIT 2010).

Sigla	Denominação	Inclinação da descontinuidade
H	Horizontal	0° a 10°
SH	Subhorizontal	10° a 20°
I	Inclinada	20° a 70°
SV	Subvertical	70° a 80°
V	Vertical	80° a 90°

Considera-se rugosidade as irregularidades das superfícies das descontinuidades, que possui objetivo de avaliar a resistência ao cisalhamento do maciço rochoso. São consideradas três tipos de superfícies, conforme mostrado na Tabela 8 (DEINFRA, 1994b).

Tabela 8: Tipos de rugosidade das superfícies de fraturas (DEINFRA 1994b).

Sigla	Denominação	Características da Rugosidade
S1	Superfície Rugosa	Áspera ao tato, as peças dos testemunhos, quando justapostas, apresentam travamento.
S2	Superfície Lisa	Suave ao tato, as peças não apresentam travamento quando justapostas.
S3	Superfície Estriada	Sedosa ao tato, com ou sem travamento das peças quando justapostas.

O preenchimento das descontinuidades se trata da presença de material entre suas superfícies. O material de preenchimento nem sempre é recuperado pelas sondagens, por conta disso os vestígios ou evidências de sua existência devem ser interpretados (DEINFRA, 1994b). A Tabela 9 mostra a classificação para o preenchimento das descontinuidades, segundo Ojima e Serra Junior (2018).

Tabela 9: Tipos de preenchimento de fraturas (Ojima e Serra Junior, 2018).

Sigla	Superfície das Fraturas
D1	Contato rocha-rocha, paredes sãs.
D2	Contato rocha-rocha, presença de material pétreo rijo (como calcita e sílica). Ca – calcita e Si – sílica.
D3	Paredes com alteração incipiente, sinais de percolação de água, preenchimento ausente.
D4	Paredes alteradas, preenchimento ausente.
D5	Paredes alteradas, com preenchimento. ag1 – preenchimento argiloso com espessura de 1 mm. gr10 – preenchimento granular com espessura de 10 mm.

Recuperação de Testemunhos por Manobra

A recuperação dos testemunhos por manobra está associada à relação entre o somatório dos fragmentos de testemunho recuperados e o comprimento da manobra de avanço da perfuração (1) (Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} i}{L} * 100\% \qquad (1)$$

Sendo: R = recuperação; i = comprimento de cada peça; n = número de peças; L = comprimento da manobra.

O grau de recuperação na sondagem rotativa pode ser influenciado pelas condições geológico-geotécnicas, como tipo de rocha, grau de alteração, grau de fraturamento, ou, relacionadas aos equipamentos utilizados e procedimentos de execução (Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021).

RQD (Rock Quality Designation) e IQR (Índice de Qualidade da Rocha)

O RQD (*Rock Quality Designation*) (Deere e Deere, 1988) é utilizado para a determinação da qualidade do maciço rochoso. É definida pelo somatório dos comprimentos

dos fragmentos de testemunhos com tamanho maior que 10 cm dividido pelo comprimento da manobra de avanço da perfuração, e seu resultado é expresso em porcentagem (DEINFRA, 1994b).

Para avaliar o RQD, deve-se considerar apenas testemunhos de rocha sã (A1), pouco alterada (A2) e medianamente alterada (A3); não são contabilizadas as fraturas artificiais (quebras mecânicas) (DEINFRA, 1994b).

A Figura 5 mostra como é feito o cálculo de RQD na sondagem rotativa, e a Tabela 10 apresenta a classificação da qualidade do maciço rochoso (Deere e Deere, 1988).

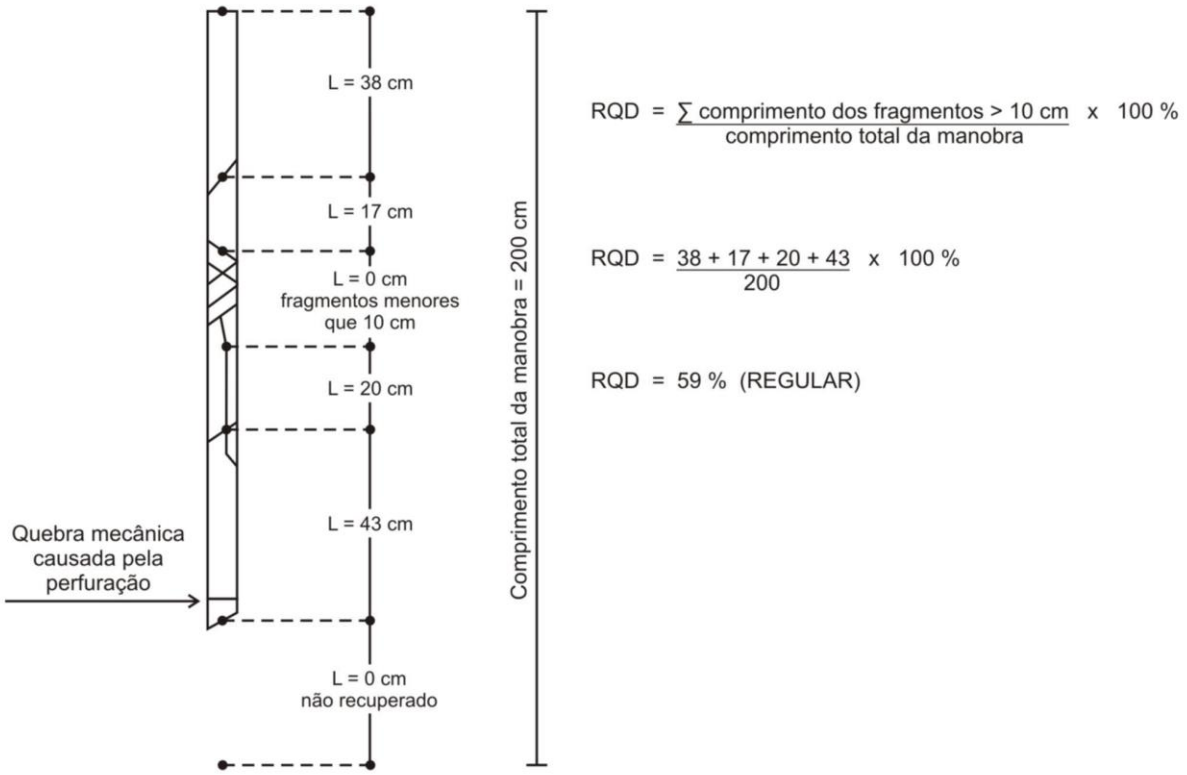


Figura 5: Procedimento para cálculo do RQD (adaptado de Deere e Deere, 1988).

Tabela 10: Qualidade da rocha em função dos intervalos de RQD (Deere e Deere, 1988).

Qualidade da Rocha	RQD (%)
Muito Pobre	0 – 25
Pobre	25 – 50
Regular	50 – 75
Boa	75 – 90
Excelente	90 – 100

O IQR (Índice de Qualidade da Rocha), muito utilizada no Brasil, consiste em uma adaptação do RQD. Corresponde à relação, dada em porcentagem, entre o somatório das peças de testemunhos maiores que 10 cm e o comprimento do trecho de fraturamento homogêneo considerado, sendo o mesmo utilizado no grau de fraturamento (Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021).

Condutividade Hidráulica

A Condutividade Hidráulica é obtida por meio de ensaios de infiltração e perda d'água sob pressão, realizados para determinar a quantidade de água absorvida por um determinado tempo, trecho do maciço e pressão aplicada. O ensaio de infiltração é utilizado em trechos de solos e transição de solo-rocha, e o ensaio de perda d'água sob pressão é aplicado apenas em rochas. Quanto aos dados obtidos por meio desses ensaios, tem-se vazão absorvida, pressão efetiva utilizada e trecho do maciço submetido ao ensaio (Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021).

A condutividade hidráulica pode ser expressa de duas maneiras: perda d'água específica (l/min.m.kgf/cm²), para rochas, e permeabilidade (cm/s), em solos. No caso de perda d'água específica (PE), é calculada pela fórmula (2).

$$PE = \frac{Q}{L.P} \tag{2}$$

Sendo: Q = vazão (L/min), L = trecho ensaiado (m), P = pressão efetiva (kgf/cm²).

A Tabela 11 mostra a classificação da condutividade hidráulica, além de apresentar uma correlação aproximada entre valores de PE e K.

Tabela 11: Classificação da condutividade hidráulica e correção aproximada entre valores de PE e K (Marrano, Monticelli e Tressoldi, 2021).

Sigla	Denominação	Perda d'água específica - PE (l/min.m.(kgf/cm²))	Permeabilidade / Condutividade Hidráulica - K (cm/s)
H1	Muito baixa	0,0 - 0,1	$< 10^{-5}$
H2	Baixa	0,1 - 1,0	10^{-5} - 10^{-4}
H3	Moderada	1,0 - 3,0	10^{-4} - $5{,}0.10^{-4}$
H4	Alta	3,0 - 10,0	$5{,}0.10^{-4}$ - 10^{-3}
H5	Muito alta	> 10.0	$> 10^{-3}$

Nos solos, a permeabilidade é controlada, principalmente, pelo tamanho, forma e disposição dos vazios, enquanto nos maciços rochosos, a condutividade hidráulica dependerá

das características referentes a abertura, espaçamento e preenchimento das descontinuidades (Goodman, 1980; Terzaghi *et al*., 1996).

4.2.3. Ensaio de Perda d'Água sob Pressão

O Ensaio de Perda d'Água sob Pressão, também chamado de Ensaio Lugeon, é um teste realizado *in situ* para estimar a permeabilidade do maciço rochoso diante da percolação de água pelas suas fissuras (Vaskou *et al*., 2019). A partir deste ensaio, pode-se obter informações sobre as propriedades hidráulicas e a capacidade de absorção de água no maciço rochoso, seja em pressão crescente e decrescente. Ainda, fornece dados referentes à variação das propriedades hidráulicas de acordo com a profundidade ensaiada (Vaskou *et al*., 2019). Os resultados também podem ser utilizados para a classificação geomecânica do maciço rochoso.

Originalmente, este ensaio visava verificar a estanqueidade de fundações de barragens, porém atualmente passou a ser aplicado também em projetos de obras subterrâneas e mineração (Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021).

Houlsby (1976) demonstrou em seu trabalho um método simples para calcular e interpretar os resultados obtidos pelo ensaio Lugeon. A maneira de interpretar os dados foi sendo aprimorada (Quinones-Rozo, 2010; Vaskou *et al*., 2019; Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021), porém partem do princípio de Houlsby (1976), no qual os trechos ensaiados são separados em cinco grupos, sendo fluxo laminar, turbulento, dilatação, lavagem de material de preenchimento e preenchimento de vazio.

O equipamento utilizado é composto basicamente por bomba, canalização, estabilizador de pressão, hidrômetro, manômetro, piezômetro e obturador (simples ou duplo). No caso do procedimento com obturador simples, é feito durante a perfuração da sondagem, e não depois da sua conclusão, sendo o teste realizado à medida que a perfuração avança. Embora este procedimento permita uma melhor caracterização das fraturas e uma maior precisão da condutividade, o uso do obturador simples é menos eficiente que o de obturador duplo, por demandar maior tempo em sua execução. Para o procedimento com obturador duplo (Figura 6), é usado para os casos em que houve conclusão da perfuração de sondagem. Neste caso, posiciona-se o equipamento na profundidade desejada para realização do ensaio, e é feito o isolamento do trecho por meio da injeção de gás comprimido para que os obturadores sejam inflados e evite ocorrer vazamento da água nas extremidades (Vaskou *et al*., 2019).

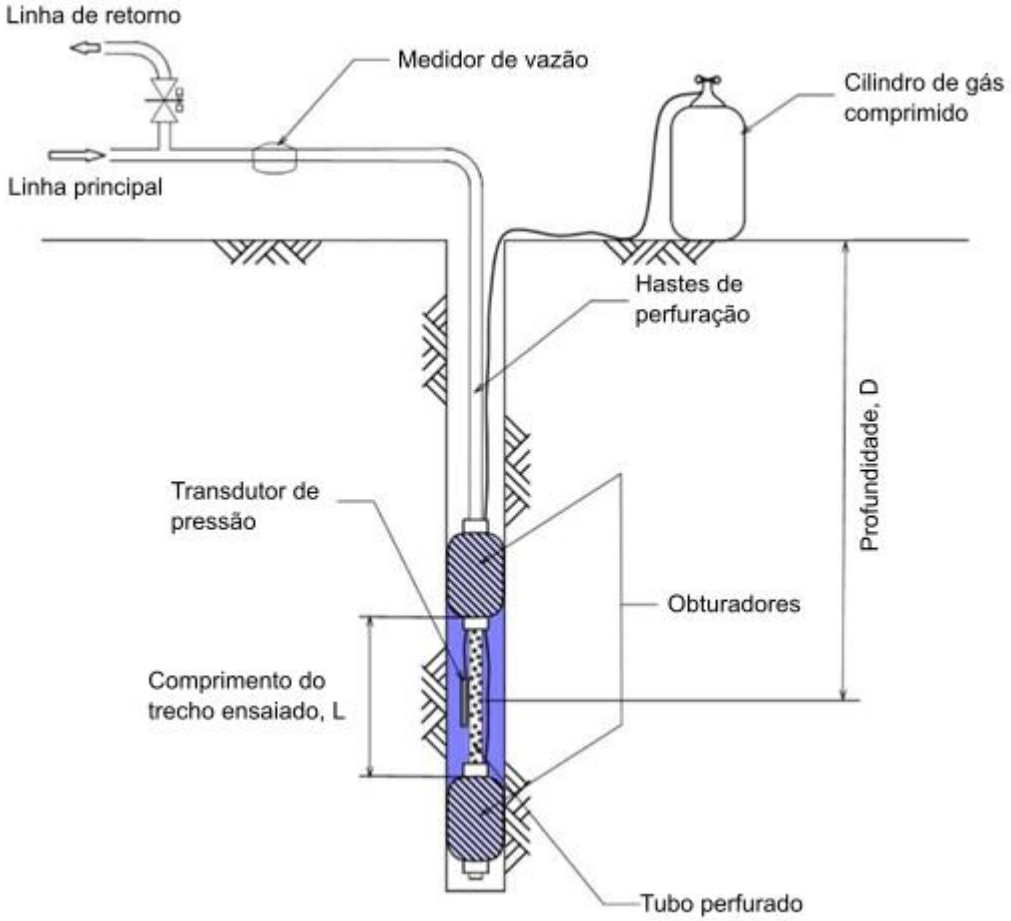


Figura 6: Esquema para ensaio de perda d'água com obturador duplo (modificado de Quiñones-Rozo, 2010).

A sua execução é feita por meio da aplicação de injeção de água a uma certa pressão em um trecho de furo de sondagem isolado, no qual já foi executado ou está sendo feito, e mede-se a quantidade de água que está infiltrando no maciço durante um certo tempo e sob uma dada pressão (Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021). Para cada trecho a ser ensaiado, serão aplicados cinco estágios de pressão, e a cada estágio a pressão será mantida por cerca de 10 minutos. E a cada minuto é feita a leitura no manômetro e hidrômetro.

Lugeon (1933), em seu teste padrão, especificou a pressão de 10 bar a ser utilizada no ensaio, no entanto, ao realizar os ensaios, comumente usa-se pressões mais baixas, isso porque aplicar uma pressão alta, como 10 bar, torna-se inviável principalmente em profundidades rasas em rochas mais fracas (Houlsby, 1976). A Tabela 12 mostra os critérios adotados para a escolha das pressões a serem aplicadas durante o ensaio. Para a pressão máxima, faz-se um cálculo para determinar a pressão a ser aplicada, e o valor a ser considerado dependerá do grau de qualidade da rocha, para que não ocorra ruptura do maciço ensaiado, evitando gerar fraturamento hidráulico (DEINFRA, 1994c; Quiñones-Rozo, 2010; Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021).

Tabela 12: Critérios para determinação da pressão em cada etapa do ensaio.

Estágio	Pressão	Cálculo da pressão			
		Houlsby, 1976	**Quiñones-Rozo, 2010**	**Vaskou et al., 2019**	**Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021**
1º	Mínima	P (psi) = 0,4 x profundidade (ft)	0,50 x Pmax		0,10 kg/cm²
2º	Intermediária	P (psi) = 0,7 x profundidade (ft)	0,75 x Pmax		Pmáx/2
3º	Máxima	P (psi) = 1,0 x profundidade (ft)	Pmax = profundidade x 1 psi/ft	Pmax = 0,023 a 0,025 MPa x metro de profundidade	Rocha friável: 0,15 kg/cm² x metade da profundidade do intervalo ensaiado Rocha sã: 0,25 kg/cm² x metade da profundidade do intervalo ensaiado
4º	Intermediária	P (psi) = 0,7 x profundidade (ft)	0,75 x Pmax		Pmáx/2
5º	Mínima	P (psi) = 0,4 x profundidade (ft)	0,50 x Pmax		0,10 kg/cm²

Durante a execução do ensaio, são feitas as anotações referentes aos valores de absorção, realizado a cada minuto. Por meio desses valores, realizam-se cálculos para obtenção de parâmetros utilizados para a elaboração dos gráficos interpretativos.

A principal aplicação das informações referentes à permeabilidade é na avaliação de fundações em barragens, para averiguar a necessidade de grauteamento, ou seja, aumentar a resistência da construção civil por meio de injeção de cimento (Houlsby, 1976). No entanto, o reforço na construção não é decidido apenas com base na permeabilidade, mas leva-se em consideração fatores geológicos e do local trabalhado (Houlsby, 1976).

O EPA possui normas internacionais (ASTM D4630-19 2019, ISO 22282-3 2012) que descrevem termos, definições, símbolos e unidades que são utilizadas no ensaio, além do procedimento e preparação para sua execução (Vaskou *et al*., 2019).

Com os dados obtidos, são realizados gráficos que relacionam diferentes parâmetros, que permitem avaliar a maneira como o escoamento da água ocorre pelas fissuras e o seu comportamento perante as pressões aplicadas (Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021). Pode-se agrupar os comportamentos típicos observados nos ensaios em cinco classes diferentes, sendo eles fluxo laminar, fluxo turbulento, deformação, lavagem (ou remoção do

preenchimento) e preenchimento das descontinuidades (Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021).

- Fluxo laminar: esse comportamento acontece quando se observa uma relação linear entre as vazões específicas e as pressões efetivas, indicando que a condutividade hidráulica no trecho ensaiado do maciço rochoso não depende da pressão efetiva aplicada.
- Fluxo turbulento: nota-se que não há linearidade entre as vazões específicas e as pressões efetivas, podendo ser ocasionado pelas perdas de carga durante o fluxo. Quanto à condutividade hidráulica, o valor diminui à medida que a pressão efetiva aplicada aumenta, e é um comportamento característico de descontinuidades parcialmente abertas.
- Deformação/Dilatação: é observado esse comportamento quando a pressão aplicada é maior do que a tensão mínima presente no maciço rochoso, podendo gerar deformação temporária ("hidrojacking") das descontinuidades. Nesse caso, as condutividades hidráulicas nos estágios crescentes de pressão são menores do que nos estágios decrescentes.
- Lavagem (ou remoção do preenchimento): é visto quando ocorre um aumento progressivo da vazão específica ao decorrer do ensaio, de maneira independente do estágio de pressão. Este comportamento sugere que o fluxo de água levou a gerar mudanças permanentes e irrecuperáveis no maciço rochoso, comumente devido à remoção dos preenchimentos e/ou por conta de deformações permanentes no maciço rochoso, possivelmente geradas pela aplicação de pressões excessivas durante o ensaio. Este comportamento pode indicar ocorrência de fraturamento hidráulico do maciço.
- Preenchimento das descontinuidades: neste caso, nota-se que as vazões específicas diminuem conforme progride os ensaios, independentemente do estágio de pressão do ensaio. Este comportamento indica o preenchimento progressivo das descontinuidades isoladas não persistentes, a expansão de argilominerais presentes nas descontinuidades e/ou carreamento progressivo de materiais finos nas descontinuidades levando ao preenchimento das descontinuidades.

4.2.3.1. Método interpretativo

Nos trabalhos de Houlsby (1976), Quiñones-Rozo (2010), Vaskou *et al*. (2019) e Azevedo, Guimarães e Côrtes (2021), foram considerados cinco estágios diferentes, sendo mínima, intermediária e máxima pressão, e foram criados cinco grupos para a classificação do comportamento do maciço rochoso.

Embora a obtenção dos dados, em campo, seja semelhante, a maneira de calcular a pressão a ser aplicada no ensaio, valor lugeon e os parâmetros usados para elaborar os diagramas são diferentes. Ainda, podem ser utilizados para, por exemplo, avaliar a

condutividade hidráulica, necessidade e análise da eficiência do grauteamento, entre outros propósitos (Vaskou *et al*., 2019).

Houlsby, 1976

Para o cálculo do valor lugeon, para cada estágio de pressão, é utilizado a fórmula mostrada abaixo (3).

$$valor\ lugeon = vazão\ específica\ (l/min/m) * \frac{10\ (bar)}{Pressão\ manométrica\ (bar)} \tag{3}$$

Após o cálculo, são elaborados gráficos para serem usados na interpretação dos testes, e assim obter o comportamento do maciço rochoso. Cada trecho ensaiado é agrupado em um dos grupos interpretativos, sendo eles divididos em cinco, conforme mostrado na Tabela 13.

Quiñones-Rozo, 2010

Para Quiñones-Rozo (2010), o valor lugeon é obtido a partir da seguinte fórmula (4). O valor de α será igual a 1 quando a unidade de medida utilizada para os parâmetros for SI (q [l/min], L [m], P [MPa]).

$$Valor\ lugeon = \alpha * \frac{q\ (l/min)}{L\ (m)} * \frac{P_0\ (1\ MPa)}{P\ (MPa)} \tag{4}$$

No entanto, para a interpretação, utilizou-se de outros parâmetros para a construção dos gráficos, sendo eles a perda de fluxo (ou vazão específica) e a pressão d'água. A perda de fluxo (q/L) pode ser obtida a partir do rearranjo da equação 4, conforme abaixo.

$$\frac{q\ (l/min)}{L\ (m)} = Valor\ lugeon * \frac{1}{\alpha} * \frac{P\ (MPa)}{P_0\ (1\ MPa)} \tag{5}$$

Ao considerar o produto dos dois últimos fatores da equação 5 como fator de pressão adimensional (Ψ), então tem-se:

$$\Psi = \frac{1}{\alpha} * \frac{P\ (MPa)}{P_0\ (1\ MPa)} \tag{6}$$

$$\frac{q\ (l/min)}{L\ (m)} = Valor\ lugeon * \Psi \tag{7}$$

Ao plotar os dados dos cinco estágios em q/L x Ψ, será observado a forma de um loop, no qual permite a interpretação do comportamento do trecho ensaiado. Este método interpretativo mantém as categorias de comportamento propostas por Houlsby (1976), além de tornar compatível para a aquisição de dados em sistemas automatizados. A Tabela 14 mostra a interpretação do comportamento e seu respectivo gráfico gerado.

Tabela 13: Gráficos para interpretação do ensaio Lugeon (modificado de Houlsby, 1976).

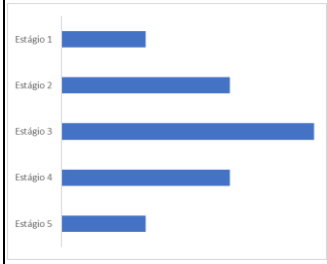
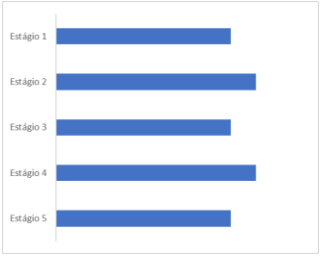
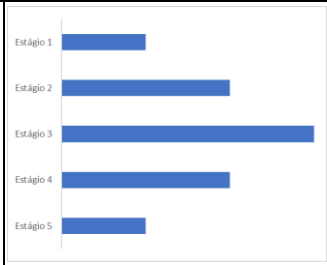
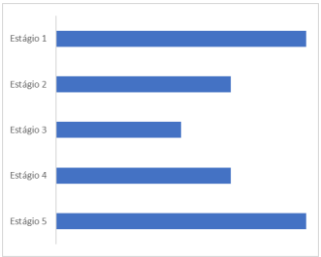
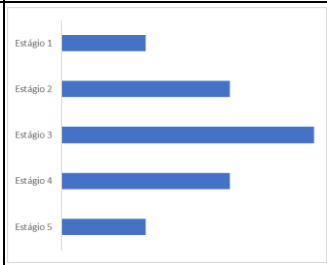
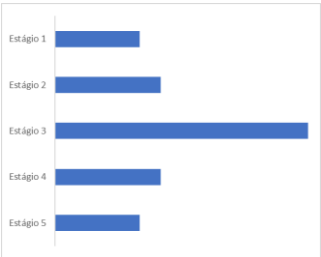
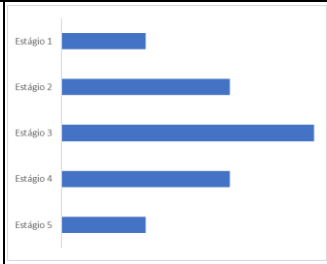
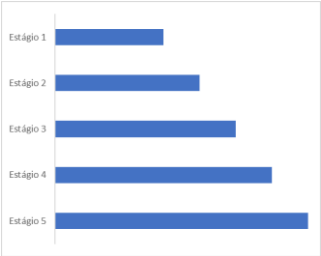
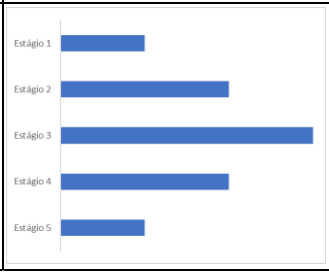
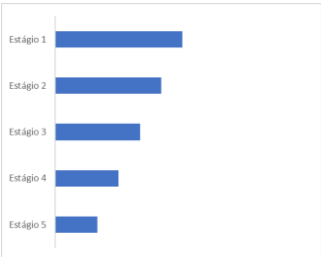
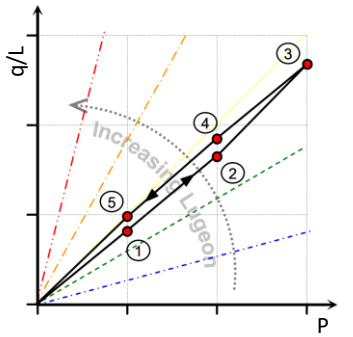
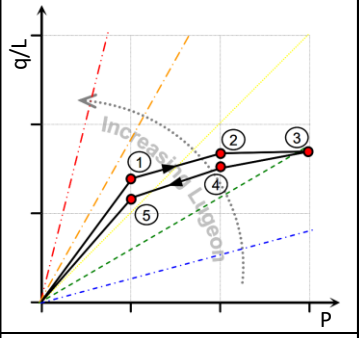
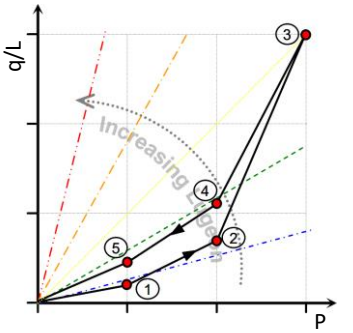
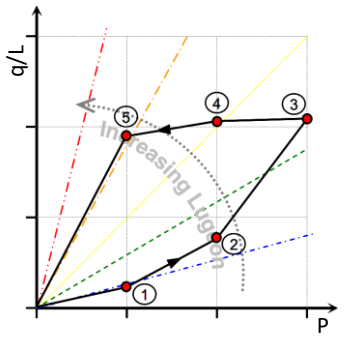
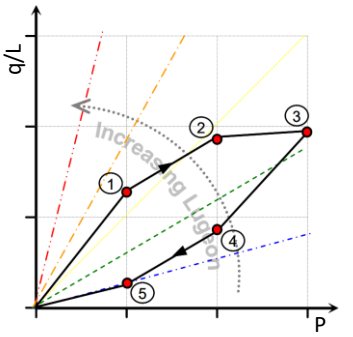
Comportamento	Pressão	Valor lugeon	Descrição
A - FLUXO LAMINAR			O fluxo laminar é indicado para quando os valores lugeon calculados são praticamente iguais.
B - FLUXO TURBULENTO			O valor lugeon calculado no estágio 3 é o menor entre os estágios, sendo relacionado a pressão mais alta aplicada.
C - DILATAÇÃO			O valor lugeon no estágio 3 é maior em relação aos outros estágios. Ao ocorrer o valor elevado na injeção de maior pressão é interpretado como resultado da abertura temporária das fissuras ou da compressão de materiais por conta da água injetada.
D - LAVAGEM			Quando há aumento progressivo nos cinco valores lugeon calculados, considera-se lavagem permanente dos materiais preenchidos nas juntas.
E - PREENCHIMENTO DE VAZIO			Quando há diminuição progressiva nos cinco valores lugeon calculados, considera-se preenchimento de espaços vazios, pois a passagem de água passa a ser mais dificíl.

Tabela 14: Gráficos para interpretação do ensaio Lugeon (modificado de Quiñones-Rozo, 2010).

Comportamento	Gráfico	Descrição
A - FLUXO LAMINAR		Os valores lugeon são aproximadamente iguais, independente da pressão de água.
B - FLUXO TURBULENTO		Os valores lugeon diminuem conforme a pressão de água aumenta. No estágio de máxima pressão é observado o menor valor lugeon.
C - DILATAÇÃO		Os valores lugeon diferem proporcionalmente ao aumento ou diminuição das pressões, atingindo o valor lugeon máximo no estágio de pressão máxima.
D - LAVAGEM		Os valores lugeon aumentam à medida que os ensaios ocorrem. O preenchimento das descontinuidades são lavados pela água, progressivamente, permitindo a ocorrência de fluxos maiores mesmo em pressões mais baixas.
E - PREENCHIMENTO DE VAZIO		Os valores lugeon diminuem à medida que se avança nos estágios do ensaio. As descontinuidades pouco persistentes são preenchidas gradativamente e/ou aumentam de volume.

Vaskou et al., 2019

Para Vaskou *et al.* (2019), o valor lugeon é calculado para cada estágio utilizando a equação abaixo, sendo expresso em l/min/m a 1,0 MPa de pressão efetiva.

$$Valor\ lugeon = \frac{Q\ (l/min)}{L\ (m)} * \frac{1\ MPa}{Pef} \tag{8}$$

A interpretação dos resultados dos ensaios é feita por meio da análise da relação entre a vazão e a pressão, correspondente a cada estágio do ensaio. A Tabela 15 mostra os diagramas genéticos a serem utilizados na interpretação.

Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021

Para Azevedo, Guimarães e Côrtes (2021), a análise do comportamento do trecho ensaiado é feita por meio da comparação dos gráficos que relacionam carga efetiva x vazão específica. Dessa maneira, consegue-se avaliar como se dá o escoamento da água nas fissuras, e como as fissuras se comportam com a aplicação das pressões. A Tabela 16 mostra os diagramas para os casos típicos esperados.

4.2.4. Ensaio de Perda de Carga

O ensaio de perda de carga é feito para reproduzir as condições de vazão previstas para os ensaios de perda d'água. A realização desta etapa é importante pois as canalizações provocam perdas de cargas importantes e que devem ser consideradas no cálculo da pressão efetiva no trecho do ensaio estudado (Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021). A perda de carga está diretamente relacionada ao comprimento, diâmetro interno, vazão e rugosidade da superfície interna da canalização.

Para realizar esta avaliação, pode-se utilizar de fórmulas e ábacos presentes em manuais de hidráulica, ou executar o ensaio de perda de carga no campo, sendo a última a mais adequada por obter resultados mais confiáveis. Recomenda-se que seja realizado um ensaio de perda de carga por campanha de sondagem que tenha o ensaio de perda d'água (Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021).

De modo geral, canalizações com diâmetro inferior a 3/4" apresentam grandes perdas de carga, enquanto canalizações com diâmetro maior que 11/2" apresentam perda de carga desprezível (Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021).

E para as análises dos ensaios de perda d'água, são utilizados os valores de carga efetiva, obtido pela subtração entre a carga total e a perda de carga.

Tabela 15: Gráficos para interpretação do ensaio Lugeon (modificado de Vaskou *et al*., 2019).

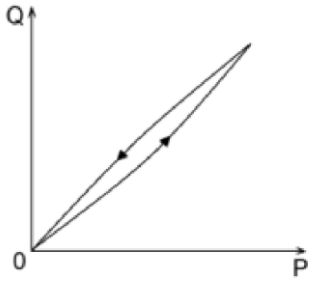
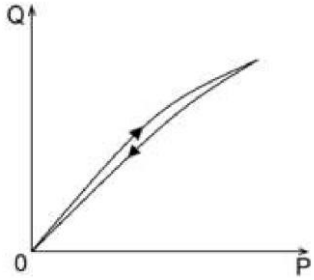
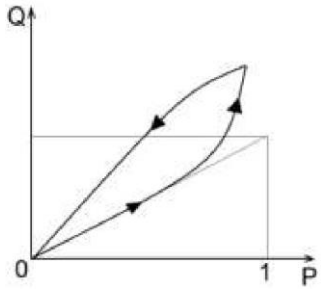
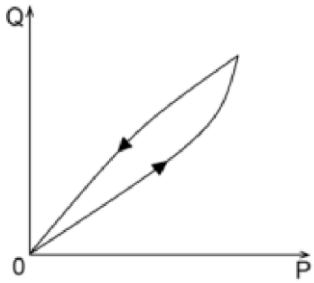
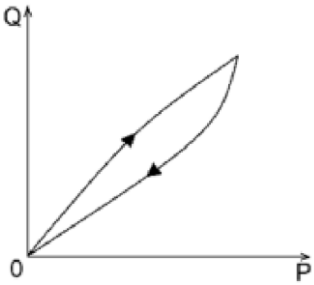
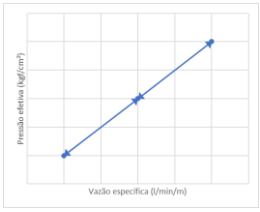
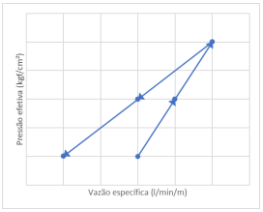
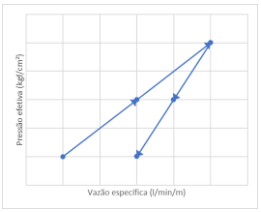
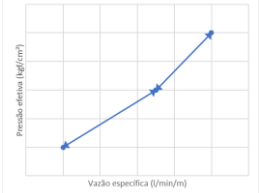
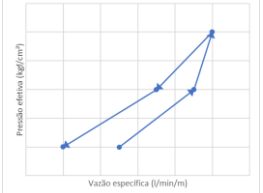
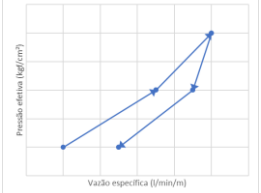
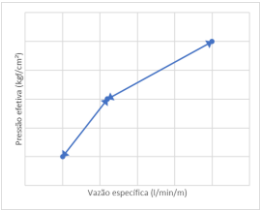
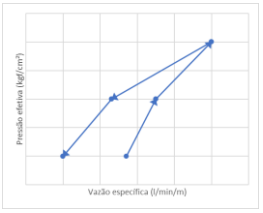
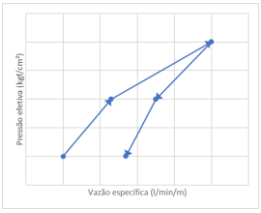
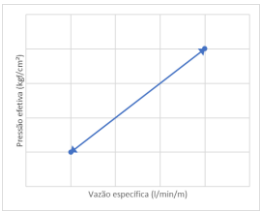
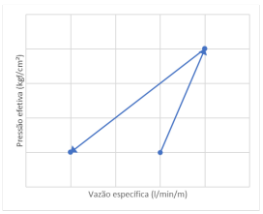
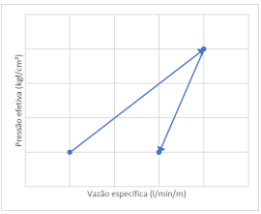
Comportamento	Gráfico	Descrição
A - FLUXO LAMINAR		O diagrama é quase linear. Absorção de água é semelhante nos estágios crescentes e decrescentes de pressão. Os valores lugeon se encontram aproximadamente iguais em todos os estágios.
B - FLUXO TRANSITÓRIO OU TURBULENTO		O fluxo diminui à medida que a pressão aumenta. O mínimo valor lugeon é obtido no estágio de máxima pressão.
C - DEFORMAÇÃO / DILATAÇÃO DAS JUNTAS		O fluxo linear é observado no início, antes da tensão normal presente nas juntas seja excedida. O fluxo máximo será atingido na pressão máxima, assim como o maior valor lugeon será visto na pressão mais alta por conta da abertura da junta. Os estágios de pressão decrescentes, a vazão sera maior ou igual às de pressão crescente.
D - LAVAGEM / EROSÃO DO PREENCHIMENTO DAS JUNTAS / DEFORMAÇÃO PERMANENTE		O fluxo é crescente conforme a pressão aumenta, mas de forma não linear. O fluxo é mais alto em estágios de pressão decrescentes, em comparação aos estágios crescentes. À medida que os ensaios avançam, o valor lugeon aumenta. O preenchimento das juntas é lavado gradativamente devido à água sob pressão.
E - PREENCHIMENTO DE VAZIOS OU JUNTAS		O fluxo diminui conforme decorre os ensaios. As descontinuidades vão sendo preenchidas progressivamente.

Tabela 16: Gráficos para interpretação do ensaio Lugeon (modificado de Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021).

	SEM ALTERAÇÃO	COM FECHAMENTO	COM ABERTURA	DESCRIÇÃO
LAMINAR				Há uma relação linear entre as vazões específicas e as pressões efetivas, indicando que a condutividade hidráulica do maciço rochoso não depende da pressão efetiva aplicada. Trata-se de um comportamento observado quando as velocidades de infiltração são baixas.
TURBULENTO				Não é observada linearidade entre as vazões específicas e as pressões efetivas aplicadas, podendo ter relação à perda de carga durante o fluxo. Condutividade hidráulica do trecho ensaiado diminui conforme a pressão efetiva aumenta. É um comportamento típico de maciço rochoso com descontinuidades parcialmente abertas ou com aberturas grandes.
COM DEFORMAÇÃO				Acontece quando a pressão aplicada é maior que a tensão principal atuante no maciço rochoso, podendo gerar deformação temporária das descontinuidades. Identifica-se no ensaio quando as condutividades hidráulicas nos estágios crescentes de pressão são menores do que nos estágios decrescentes.
VAZÃO TOTAL DA BOMBA				Observa-se um aumento progressivo da vazão específica ao decorrer do ensaio, independente do estágio de pressão. Esse comportamento sugere que houve mudanças permanentes no maciço rochoso, como remoção dos preenchimentos e/ou deformações permanentes.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Análise dos logs de sondagem

Foram fornecidos tanto os logs de sondagem quanto seus respectivos registros fotográficos. O intuito nesta etapa foi realizar o reconhecimento dos materiais, comparando as descrições com as fotografias. Esta análise foi feita para cinco sondagens rotativas, sendo elas SR-01, SR-02, SR-06, SR-07 e SR-08.

Os logs de sondagem apresentam informações sobre descrição e classificação litológica, critérios de classificação geomecânica dos testemunhos de sondagem, como informações relacionados ao grau de alteração, coerência, fraturamento, características da rugosidade das superfícies de fraturas e a qualidade da rocha em função dos intervalos de RQD.

5.2. Tratamento e interpretação dos dados obtidos pelo Ensaio de Perda d'Água

Quanto ao EPA, foi feito o tratamento dos dados brutos obtidos em trabalho de campo, permitindo que sejam adquiridos parâmetros para serem utilizados na construção de gráficos relacionando tais informações.

A partir desses gráficos, realizou-se a interpretação do comportamento do maciço rochoso no respectivo trecho ensaiado. Para isso, foram utilizadas as metodologias de interpretação de Houlsby (1976), Quiñones-Rozo (2010), Vaskou *et al*. (2019) e Azevedo, Guimarães e Côrtes (2021), conforme mostradas nas Tabelas 13, 14, 15 e 16, respectivamente. Os parâmetros utilizados para elaborar os gráficos estão na Tabela 17. Ainda, cada autor separa em categorias, conforme visto na Tabela 18.

Das categorias listadas na Tabela 18, pode-se dividi-las em regime de escoamento de água pelas descontinuidades (fluxo laminar e turbulento), comportamento do maciço rochoso (dilatação ou deformação) e consequências da passagem de fluxo de água (lavagem e preenchimento de vazio).

Obtidas as interpretações do comportamento dos trechos estudados, fez-se uma análise comparativa dos métodos interpretativos. Embora a metodologia em campo seja a mesma, os parâmetros e a pressão máxima calculada são diferentes, e por conta disso avaliou-se a aplicabilidade desses métodos.

Tabela 17: Relação da metodologia para interpretação e os parâmetros utilizados.

Método	Parâmetros
Houlsby, 1976	Estágio x Valor Lugeon
Quiñones-Rozo, 2010	Perda de fluxo x Pressão d'água
Vaskou et al., 2019	Vazão x Pressão
Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021	Carga efetiva x Vazão específica

Tabela 18: Categorias para a classificação do comportamento do maciço rochoso.

Houlsby (1976)	Quiñones-Rozo (2010)	Vaskou et al. (2019)	Azevedo, Guimarães e Côrtes (2021)
Fluxo Laminar	Fluxo Laminar	Fluxo Laminar	Laminar
Fluxo Turbulento	Fluxo Turbulento	Transitório ou Fluxo Turbulento	Turbulento
Dilatação	Dilatação	Deformação ou Dilatação de Juntas	Deformação
Lavagem	Lavagem	Lavagem ou Erosão de materiais de preenchimento de juntas ou Deformação Permanente	Vazão total
Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio ou Junta	

5.3. Correlação entre as sondagens e os ensaios

Correlacionar as informações das sondagens e os ensaios de perda d'água auxilia no entendimento do sistema hidrogeológico de parte do maciço considerado, visto que possibilita entender a influência das descontinuidades com a interpretação obtida.

Dessa maneira, as sondagens foram separadas em dois grupos (SR-01 e SR-02, SR-06, SR-07 e SR-08), considerando-se, como critério, a proximidade entre si, pois isso permite a junção das informações fornecidas por sondagem.

6. RESULTADOS OBTIDOS

6.1. Sondagens

Com base nos logs dos testemunhos de sondagem e seus respectivos registros fotográficos (Anexo A), obteve-se como classificação litológica do maciço rochoso nesta região como sendo um traquidacito vesicular a amigdaloidal, preenchida por quartzo, calcita e/ou zeólitas, de textura afanítica a fanerítica fina, de coloração cinza e marrom.

Quanto a alteração e coerência, os testemunhos foram classificados como rocha sã (A1) e muito coerente (C1), respectivamente. Significa que a rocha se encontra com os minerais primários sem indicativo de alteração, e que a rocha quebra com muita dificuldade com golpe de martelo e sua superfície é dificilmente riscável por lâmina de aço.

Em relação ao grau de fraturamento, a quantidade de fraturas variou de acordo com o furo da sondagem. Porém, de forma geral, pode-se classificar como ocasionalmente fraturado a pouco fraturado.

A classificação para a inclinação das fraturas foi de subhorizontal (10° a 20°) a inclinado (20° a 70°). No entanto, de maneira pontual, notou-se a presença de fraturas subverticais (70° a 80°) a verticais (80° a 90°) em alguns trechos das sondagens, especificamente da SR-01 e SR-08.

Para o tipo de rugosidade das superfícies de fraturas, todas as sondagens foram classificadas como possuindo superfície rugosa (S1). Ao tato, notou-se áspera e as peças dos testemunhos apresentaram travamento ao estarem justapostas.

Referente ao tipo de superfície e preenchimento de descontinuidades, as sondagens apresentaram maior variação, havendo a classificação de siglas D1 a D4. As siglas D1 e D2 se referem ao contato rocha-rocha, porém para D1 as paredes estão sãs e em D2 há presença de material pétreo rijo, como calcita e sílica. Já para D3, as paredes possuem alteração incipiente, mas sem preenchimento. E para D4, as paredes se encontram alteradas e de preenchimento ausente.

Para a recuperação e o RQD, nota-se que há uma excelente recuperação, ocorrendo pontualmente recuperação menor que 90%. Quanto ao RQD, a maior parte das sondagens foram classificadas como R1 (excelente), localmente classificado como R2 (boa) e R3 (regular).

6.2. Ensaios de Perda d'Água sob Pressão (EPA)

Os ensaios foram realizados em trechos de 3,0 m, e a quantidade realizada para cada sondagem variou conforme a profundidade da perfuração atingida. A Tabela 19 mostra resumidamente a profundidade da sondagem e a respectiva quantidade de EPA realizados.

Tabela 19: Relação da profundidade das sondagens e quantidades de ensaios.

Sondagem	Profundidade atingida (m)	Quantidade de ensaios (unid.)
SR-01	21,04	7
SR-02	15,66	5
SR-06	26,78	8
SR-07	11,32	3
SR-08	31,43	10

As análises foram feitas a partir das informações presentes nos relatórios de EPA fornecidos para este estudo, conforme pode ser visto no Anexo B.

Uma das informações obtidas foi referente à condutividade hidráulica, que diz respeito à facilidade que o fluido se move no meio poroso. Com base na Equação (2), foram calculados

os valores de condutividade hidráulica para cada estágio de cada ensaio e classificados entre H1 (muito baixa) e H5 (muito alta), como pode ser visto nas Tabelas 20 a 24.

Tabela 20: Condutividade hidráulica dos ensaios realizados na sondagem SR-01.

SR-01			
Trecho Ensaiado (m)	**Estágio**	**Condutividade Hidráulica (l/min/m/Kgf/cm²)**	**Classificação**
0,35 - 3,35	1	0,00	H1
	2	0,00	H1
	3	0,00	H1
	4	0,00	H1
	5	0,00	H1
3,35 - 6,35	1	0,00	H1
	2	0,00	H1
	3	0,00	H1
	4	0,00	H1
	5	0,00	H1
6,35 - 9,35	1	3,55	H4
	2	30,69	H5
	3	44,88	H5
	4	28,45	H5
	5	38,26	H5
9,35 - 12,35	1	0,00	H1
	2	6,38	H4
	3	8,72	H4
	4	7,90	H4
	5	3,66	H4
12,35 - 15,35	1	0,39	H2
	2	1,51	H3
	3	1,30	H3
	4	0,58	H2
	5	0,00	H1
15,35 - 18,35	1	0,00	H1
	2	0,18	H2
	3	0,29	H2
	4	0,19	H2
	5	0,00	H1
17,76 - 20,76	1	0,00	H1
	2	0,42	H2
	3	0,35	H2
	4	0,53	H2
	5	0,00	H1

Tabela 21: Condutividade hidráulica dos ensaios realizados na sondagem SR-02.

SR-02			
Trecho Ensaiado (m)	**Estágio**	**Condutividade Hidráulica (l/min/m/Kgf/cm²)**	**Classificação**
0,35 - 3,35	1	39,06	H5
	2	34,83	H5
	3	27,45	H5
	4	35,67	H5
	5	37,53	H5
3,35 - 6,35	1	0,08	H1
	2	2,70	H3
	3	3,05	H4
	4	1,52	H3
	5	0,00	H1
6,35 - 9,35	1	0,00	H1
	2	0,00	H1
	3	0,06	H1
	4	0,00	H1
	5	0,00	H1
9,35 - 12,35	1	0,00	H1
	2	0,16	H2
	3	0,02	H1
	4	0,00	H1
	5	0,00	H1
12,35 - 15,35	1	0,00	H1
	2	0,03	H1
	3	0,48	H2
	4	0,28	H2
	5	0,00	H1

Tabela 22: Condutividade hidráulica dos ensaios realizados na sondagem SR-06.

SR-06			
Trecho Ensaiado (m)	**Estágio**	**Condutividade Hidráulica (l/min/m/Kgf/cm²)**	**Classificação**
3,70 - 6,70	1	13,11	H5
	2	12,09	H5
	3	12,82	H5
	4	15,65	H5
	5	21,12	H5
6,70 - 9,70	1	0,00	H1
	2	0,46	H2
	3	1,11	H3
	4	0,76	H2
	5	1,20	H3
9,70 - 12,70	1	0,00	H1
	2	0,00	H1
	3	0,00	H1
	4	0,00	H1
	5	0,00	H1
12,70 - 15,70	1	0,00	H1
	2	2,38	H3
	3	1,75	H3
	4	1,28	H3
	5	0,00	H1
15,70 - 18,70	1	0,00	H1
	2	0,95	H2
	3	0,56	H2
	4	0,00	H1
	5	0,00	H1
18,70 - 21,70	1	0,00	H1
	2	1,38	H3
	3	2,88	H3
	4	4,46	H4
	5	12,70	H5
21,70 - 24,70	1	0,00	H1
	2	0,54	H2
	3	0,80	H2
	4	0,43	H2
	5	0,00	H1
23,50 - 26,50	1	0,44	H2
	2	0,89	H2
	3	0,78	H2
	4	1,07	H3
	5	0,00	H1

Tabela 23: Condutividade hidráulica dos ensaios realizados na sondagem SR-07.

SR-07			
Trecho Ensaiado (m)	**Estágio**	**Condutividade Hidráulica (l/min/m/Kgf/cm²)**	**Classificação**
1,50 - 4,50	1	27,95	H5
	2	26,55	H5
	3	23,37	H5
	4	26,25	H5
	5	26,92	H5
4,50 - 7,50	1	0,00	H1
	2	0,00	H1
	3	0,22	H2
	4	0,00	H1
	5	0,00	H1
7,50 - 10,50	1	0,00	H1
	2	2,27	H3
	3	0,58	H2
	4	0,32	H2
	5	0,00	H1

Tabela 24: Condutividade hidráulica dos ensaios realizados na sondagem SR-08.

SR-08			
Trecho Ensaiado (m)	**Estágio**	**Condutividade Hidráulica (l/min/m/Kgf/cm²)**	**Classificação**
2,02 - 5,02	1	17,87	H5
	2	14,84	H5
	3	14,47	H5
	4	17,11	H5
	5	15,45	H5
5,02 - 8,02	1	0,00	H1
	2	0,00	H1
	3	0,00	H1
	4	0,00	H1
	5	0,00	H1
8,02 - 11,02	1	0,00	H1
	2	0,00	H1
	3	0,00	H1
	4	0,00	H1
	5	0,00	H1
11,02 - 14,02	1	0,00	H1
	2	0,00	H1
	3	1,31	H3
	4	1,88	H3
	5	0,00	H1

14,02 - 17,02	1	0,00	H1
	2	0,00	H1
	3	0,02	H1
	4	1,97	H3
	5	0,00	H1
17,02 - 20,02	1	0,00	H1
	2	0,00	H1
	3	0,00	H1
	4	0,00	H1
	5	0,00	H1
20,02 - 23,02	1	0,00	H1
	2	0,00	H1
	3	0,00	H1
	4	0,00	H1
	5	0,00	H1
23,02 - 26,02	1	0,00	H1
	2	0,48	H2
	3	0,31	H2
	4	0,46	H2
	5	0,00	H1
26,02 - 29,02	1	0,00	H1
	2	0,65	H2
	3	0,47	H2
	4	1,19	H3
	5	0,00	H1
28,15 - 31,15	1	0,00	H1
	2	0,16	H2
	3	0,23	H2
	4	1,39	H3
	5	1,33	H3

Em todas as sondagens há presença de pelo menos um trecho classificado como H5, seja mais próximo à superfície ou no meio da sondagem. E, nesses mesmos trechos, é observado a ocorrência de vazão nos estágios em que foram aplicadas pressões mínimas (0,1 kg/cm²).

Quanto às interpretações dos ensaios, foram elaborados gráficos de acordo com os parâmetros comparativos e compilados em tabelas, conforme se encontra no Apêndice A. Ao analisar os gráficos, em comparação com os diagramas mostrados nas Tabelas 13 a 16, foram classificados cada trecho ensaiado em um dos cinco grupos de comportamentos típicos de maciço rochoso, conforme pode ser visto nas Tabelas 25 a 29.

Tabela 25: Compilado das interpretações dos ensaios de perda d'água em SR-01.

SR-01				
TRECHO ENSAIADO	**HOULSBY, 1976**	**QUINONES-ROZO, 2010**	**VASKOU ET AL., 2019**	**AVEZEDO, GUIMARÃES E CÔRTES, 2021**
0,35 - 3,35	-	-	-	-
3,35 - 6,35	-	-	-	-
6,35 - 9,35	Lavagem	Lavagem	Lavagem	Deformação com abertura
9,35 - 12,35	Lavagem	Dilatação	Deformação/ dilatação	Deformação com abertura
12,35 - 15,35	Dilatação	Dilatação	Preenchimento de Vazio	Deformação com fechamento
15,35 - 18,35	Dilatação	Dilatação	Deformação/ dilatação	Deformação sem alteração
17,76 - 20,76	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento com abertura

Tabela 26: Compilado das interpretações dos ensaios de perda d'água em SR-02.

SR-02				
TRECHO ENSAIADO	**HOULSBY, 1976**	**QUINONES-ROZO, 2010**	**VASKOU ET AL., 2019**	**AVEZEDO, GUIMARÃES E CÔRTES, 2021**
0,35 - 3,35	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento sem alteração
3,35 - 6,35	Dilatação	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Deformação com fechamento
6,35 - 9,35	Dilatação	Dilatação	Deformação/ dilatação	Vazão total sem alteração
9,35 - 12,35	Dilatação	Dilatação	Deformação/ dilatação	Vazão total com abertura
12,35 - 15,35	Dilatação	Dilatação	Dilatação ou Lavagem	Vazão total com abertura

Tabela 27: Compilado das interpretações dos ensaios de perda d'água em SR-06.

SR-06				
TRECHO ENSAIADO	**HOULSBY, 1976**	**QUINONES-ROZO, 2010**	**VASKOU ET AL., 2019**	**AVEZEDO, GUIMARÃES E CÔRTES, 2021**
3,70 - 6,70	Turbulento	Dilatação	Dilatação ou Lavagem	Deformação com abertura
6,70 - 9,70	Lavagem	Dilatação	Deformação/ dilatação	Deformação com abertura
9,70 - 12,70	-	-	-	-
12,70 - 15,70	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Vazão total com fechamento
15,70 - 18,70	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Vazão total com fechamento
18,70 - 21,70	Lavagem	Lavagem	Dilatação ou Lavagem	Turbulento com abertura
21,70 - 24,70	Dilatação	Dilatação	Deformação/ dilatação	Deformação com fechamento
23,50 - 26,50	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento com abertura

Tabela 28: Compilado das interpretações dos ensaios de perda d'água em SR-07.

SR-07				
TRECHO ENSAIADO	**HOULSBY, 1976**	**QUINONES-ROZO, 2010**	**VASKOU ET AL., 2019**	**AVEZEDO, GUIMARÃES E CÔRTES, 2021**
1,50 - 4,50	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento sem alteração
4,50 - 7,50	Dilatação	Dilatação	Deformação/ dilatação	Deformação sem alteração
7,50 - 10,50	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Vazão total com fechamento

Tabela 29: Compilado das interpretações dos ensaios de perda d'água em SR-08.

SR-08				
TRECHO ENSAIADO	**HOULSBY, 1976**	**QUINONES-ROZO, 2010**	**VASKOU ET AL., 2019**	**AVEZEDO, GUIMARÃES E CÔRTES, 2021**
2,02 - 5,02	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento com abertura
5,02 - 8,02	-	-	-	-
8,02 - 11,02	-	-	-	-
11,02 - 14,02	Lavagem	Preenchimento de Vazio	Dilatação ou Lavagem	Vazão total com abertura
14,02 - 17,02	Lavagem	Lavagem	Lavagem	Vazão total com abertura
17,02 - 20,02	-	-	-	-
20,02 - 23,02	-	-	-	-
23,02 - 26,02	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento com fechamento
26,02 - 29,02	Turbulento	Lavagem	Lavagem	Vazão total com abertura
28,15 - 31,15	Lavagem	Lavagem	Lavagem	Deformação com abertura

6.3. Comparativo entre Sondagens e Interpretação dos Ensaios

Feita a interpretação do comportamento do maciço e fluxo de água pelas descontinuidades utilizando as diferentes metodologias, realizou-se o comparativo entre as informações obtidas pelas sondagens, quanto a sua classificação geológico-geotécnica, e os dados dos ensaios. Esta comparação está presente na Tabela 30.

Tabela 30: Compilado das informações referentes às sondagens e os ensaios de perda d'água.

SR-01												
TRECHO EPA	**CLASSIFICAÇÃO**	**ALTERAÇÃO**	**COERÊNCIA**	**FRATURAS**	**PREENCHIMENTO**	**RECUPERAÇÃO**	**RQD**	**COND. HIDRÁULICA**	**HOULSBY, 1976**	**QUINONES-ROZO, 2010**	**VASKOU ET AL., 2019**	**AVEZEDO, GUIMARÃES E CÔRTES, 2021**
0,35 - 3,35	Traquidacito, vesiculado a amigdaloidal (preenchidas por quartzo, calcita e/ou zeólitas), textura afanítica a fanerítica fina, cinza e marrom	A1 (Rocha Sã)	C1 (Rocha Muito Coerente)	F2	D2	100%	R1 A R2 (EXCELENTE A BOA)	H1	-	-	-	-
3,35 - 6,35				F2	D1/D2			H1	-	-	-	-
6,35 - 9,35				F2	D4			H5	Lavagem	Lavagem	Lavagem	Deformação com abertura
9,35 - 12,35				F2	D1			H4	Lavagem	Dilatação	Deformação/dilatação	Deformação com abertura
12,35 - 15,35				F2	D1			H3	Dilatação	Dilatação	Preenchimento de Vazio	Deformação com fechamento
15,35 - 18,35				F2	D4/D3/D1			H2	Dilatação	Dilatação	Deformação/dilatação	Deformação sem alteração
17,76 - 20,76				F2	D4/D3/D1			H2	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento com abertura

SR-02												
TRECHO EPA	**CLASSIFICAÇÃO**	**ALTERAÇÃO**	**COERÊNCIA**	**FRATURAS**	**PREENCHIMENTO**	**RECUPERAÇÃO**	**RQD**	**COND. HIDRÁULICA**	**HOULSBY, 1976**	**QUINONES-ROZO, 2010**	**VASKOU ET AL., 2019**	**AVEZEDO, GUIMARÃES E CÔRTES, 2021**
0,35 - 3,35	Traquidacito, vesiculado a amigdaloidal (preenchidas por quartzo, calcita e/ou zeólitas), textura afanítica a fanerítica fina, cinza e marrom	A1 (Rocha Sã)	C1 (Rocha Muito Coerente)	F2	D4/D2	100-90%	R1 A R3 (EXCELENTE A REGULAR)	H5	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento sem alteração
3,35 - 6,35				F2	D4/D2/D3			H4	Dilatação	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Deformação com fechamento
6,35 - 9,35				F2	D2/D3/D1			H1	Dilatação	Dilatação	Deformação/dilatação	Vazão total sem alteração
9,35 - 12,35				F2	D1/D2/D3			H2	Dilatação	Dilatação	Deformação/dilatação	Vazão total com abertura
12,35 - 15,35				F2	D2/D3/D1			H2	Dilatação	Dilatação	Dilatação ou Lavagem	Vazão total com abertura

SR-06												
TRECHO EPA	**CLASSIFICAÇÃO**	**ALTERAÇÃO**	**COERÊNCIA**	**FRATURAS**	**PREENCHIMENTO**	**RECUPERAÇÃO**	**RQD**	**COND. HIDRÁULICA**	**HOULSBY, 1976**	**QUINONES-ROZO, 2010**	**VASKOU ET AL., 2019**	**AVEZEDO, GUIMARÃES E CÔRTES, 2021**
3,70 - 6,70	Traquidacito, vesiculado a amigdaloidal (preenchidas por quartzo, calcita e/ou zeólitas), textura afanítica a fanerítica fina, cinza e marrom	A1 (Rocha Sã)	C1 (Rocha Muito Coerente)	F3	D4/D3/D1	100-76%	R1 A R3 (EXCELENTE A REGULAR)	H5	Turbulento	Dilatação	Dilatação ou Lavagem	Deformação com abertura
6,70 - 9,70				F2	D3/D1			H3	Lavagem	Dilatação	Deformação/dilatação	Deformação com abertura
9,70 - 12,70				F2	D1			H1	-	-	-	-
12,70 - 15,70				F1/F2	-			H3	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Vazão total com fechamento
15,70 - 18,70				F2	D1/D2/D3			H2	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Vazão total com fechamento
18,70 - 21,70				F1/F2	-			H5	Lavagem	Lavagem	Dilatação ou Lavagem	Turbulento com abertura
21,70 - 24,70				F1	D1			H2	Dilatação	Dilatação	Deformação/dilatação	Deformação com fechamento
23,50 - 26,50				F2	D1			H3	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento com abertura

SR-07												
TRECHO EPA	**CLASSIFICAÇÃO**	**ALTERAÇÃO**	**COERÊNCIA**	**FRATURAS**	**PREENCHIMENTO**	**RECUPERAÇÃO**	**RQD**	**COND. HIDRÁULICA**	**HOULSBY, 1976**	**QUINONES-ROZO, 2010**	**VASKOU ET AL., 2019**	**AVEZEDO, GUIMARÃES E CÔRTES, 2021**
1,50 - 4,50	Traquidacito, vesiculado a amigdaloidal (preenchidas por quartzo, calcita e/ou zeólitas), textura afanítica a fanerítica fina, cinza e marrom	A1 (Rocha Sã)	C1 (Rocha Muito Coerente)	F2	D4/D3	100-96%	R1 A R3 (EXCELENTE A REGULAR)	H5	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento sem alteração
4,50 - 7,50				F2	D2			H2	Dilatação	Dilatação	Deformação/dilatação	Deformação sem alteração
7,50 - 10,50				F2	D1			H3	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Preenchimento de Vazio	Vazão total com fechamento

SR-08												
TRECHO EPA	**CLASSIFICAÇÃO**	**ALTERAÇÃO**	**COERÊNCIA**	**FRATURAS**	**PREENCHIMENTO**	**RECUPERAÇÃO**	**RQD**	**COND. HIDRÁULICA**	**HOULSBY, 1976**	**QUINONES-ROZO, 2010**	**VASKOU ET AL., 2019**	**AVEZEDO, GUIMARÃES E CÔRTES, 2021**
2,02 - 5,02	Traquidacito, vesiculado a amigdaloidal (preenchidas por quartzo, calcita e/ou zeólitas), textura afanítica a fanerítica fina, cinza e marrom	A1 (Rocha Sã)	C1 (Rocha Muito Coerente)	F2	D3/D4/D2	100-89%	R1 A R2 (EXCELENTE A BOA)	H5	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento com abertura
5,02 - 8,02				F1	-			H1	-	-	-	-
8,02 - 11,02				F1	-			H1	-	-	-	-
11,02 - 14,02				F2	D4			H3	Lavagem	Preenchimento de Vazio	Dilatação ou Lavagem	Vazão total com abertura
14,02 - 17,02				F2	D4/D2			H3	Lavagem	Lavagem	Lavagem	Vazão total com abertura
17,02 - 20,02				F1	-			H1	-	-	-	-
20,02 - 23,02				F2	D3			H1	-	-	-	-
23,02 - 26,02				F2	D1/D3			H2	Turbulento	Turbulento	Turbulento	Turbulento com fechamento
26,02 - 29,02				F2	D5ag1/D4			H3	Turbulento	Lavagem	Lavagem	Vazão total com abertura
28,15 - 31,15				F2	D1			H3	Lavagem	Lavagem	Lavagem	Deformação com abertura

7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os maciços rochosos possuem descontinuidades planas discretas, representadas principalmente por falhas, juntas e contatos litológicos, sendo regiões onde ocorrem infiltração de água (Goodman, 1980). E como a presença destas descontinuidades influencia diretamente no controle da resistência mecânica e deformabilidade, torna-se importante a avaliação do comportamento do maciço rochoso frente a percolação de água (Fiori e Carmignani, 2013).

Analisar o comportamento do maciço rochoso por meio dos ensaios de perda d'água sob pressão permite que seja avaliado trechos específicos, estudando a maneira que o escoamento da água ocorre nas fissuras e a forma que se comporta frente às pressões aplicadas. Além disso, possibilita qualificar a condutividade hidráulica no respectivo trecho, verificar a necessidade de tratamento do maciço para reforçar as fundações de barragens, e avaliar a eficiência desses tratamentos após sua realização (Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021). A condutividade hidráulica dependerá das características que as descontinuidades possuem, como abertura, espaçamento e preenchimento (Quiñones-Rozo, 2010), bem como do regime de escoamento pelas descontinuidades.

Quanto ao local de estudo, Piraju está localizado na região da Bacia do Paraná, e apresenta como litologia principal as rochas ígneas da Formação Serra Geral, sendo classificado como traquidacito, de estrutura vesicular e amigdaloidal. Essas estruturas internas dos derrames podem influenciar diretamente na qualidade geotécnica das rochas, além de poder apresentar uma significativa diversidade composicional quanto aos minerais de preenchimento das amígdalas (Viero e Gonzatti, 2016). Ainda, vale lembrar que, em geral, as rochas ígneas vulcânicas sofrem alteração mais facilmente que as rochas ígneas plutônicas, principalmente em condições úmidas, ocorrendo devido a estabilidade química dos minerais, ou seja, os minerais essenciais do basalto são menos estáveis que os minerais presentes no granito (Arnold, 1993).

Com relação às características geomecânicas, notou-se que o maciço rochoso possui como grau de alteração e coerência como rocha sã e muito coerente, respectivamente. Quanto ao grau de fraturamento, as sondagens variaram de ocasionalmente fraturada a medianamente fraturada, de inclinação sub-horizontal a inclinado, e as fraturas apresentaram como paredes sãs, com presença de material pétreo rijo ou com alteração. O RQD fornece informação relacionado a qualidade do maciço rochoso, e foi classificado como qualidade excelente, sendo localmente classificado como boa a regular. Dessa maneira, no quesito geomecânico, tem-se que o maciço rochoso é de rocha intacta, de qualidade excelente, com poucas fraturas de orientação sub-horizontal a inclinada, mas que apresenta pontualmente preenchimento pétreo rijo.

No entanto, vale lembrar que, ao analisar cada trecho ensaiado de sondagens próximas, apesar da quantidade de fraturas e suas respectivas classificações serem semelhantes, a condutividade hidráulica obtida foi diferente, indicando a ausência de relação direta entre esses parâmetros. Essa variação do fluxo hidráulico pode ocorrer devido a fatores geológicos, como grau de rugosidade das paredes das descontinuidades, retilineidade, frequência e orientação das descontinuidades (Houlsby, 1976). Ainda, quando a descontinuidade apresenta material de preenchimento, esta pode ser facilmente lavada ou apresentar comportamento quase-impermeável, tornando a condutividade hidráulica maior ou menor do que seria caso não houvesse preenchimento (Paitan, 2013).

Como a condutividade hidráulica foi calculada para cada um dos cinco estágios do ensaio, a condutividade considerada para aquele intervalo será o de maior valor, independente do estágio de pressão aplicada. Na sondagem SR-01, a condutividade hidráulica variou de 0,00 a 44,88 l/min/m/kgf/cm², sendo o valor máximo ocorrido no trecho de 6,35 a 9,35 m. Já no SR-02, a variação foi de 0,00 a 39,06 l/min/m/kgf/cm², com valor máximo obtido em 0,35 a 3,35 m. Em SR-06, o intervalo foi de 0,00 a 21,12 l/min/m/kgf/cm², em 3,70 a 6,70 m. Na sondagem SR-07, variou de 0,22 a 27,95 l/min/m/kgf/cm², com máximo ocorrendo em 1,50 a 4,50 m. E na SR-08, a variação da condutividade foi de 0,00 a 17,87 l/min/m/kgf/cm², com máxima no trecho de 2,02 a 5,02 m. Com esses resultados, observa-se que na maioria das sondagens, a condutividade hidráulica máxima esteve presente na profundidade de até 10,0 m.

Em relação às interpretações do comportamento do maciço rochoso (Tabela 30), nota-se que as classificações dos trechos ensaiados para os diferentes métodos interpretativos foram semelhantes, havendo divergências em trechos de sondagem e/ou métodos específicos. Quanto ao trabalho de Azevedo, Guimarães e Côrtes (2021), observou-se que há complemento na classificação sendo com abertura, com fechamento e sem alteração, e ao observar a ausência das categorias lavagem e preenchimento de vazios e analisando os resultados obtidos quanto a interpretação, sugere-se que a classificação “com abertura” está relacionada à lavagem e “com fechamento” ao preenchimento de vazios. No caso das interpretações utilizando a metodologia de Vaskou *et al.* (2019), houve trechos em que os gráficos apresentavam características semelhantes ao padrão do método (quanto ao formato e o sentido em que o diagrama se fecha), sendo eles dilatação e lavagem, e devido a isso, optou-se por deixar em aberto a possibilidade de ser uma das duas classificações.

Avaliando-se os trechos ensaiados que apresentaram maior condutividade hidráulica com as interpretações do comportamento do maciço rochoso, tem-se que em SR-01 houve lavagem; em SR-06, dilatação com lavagem; em SR-02, SR-07 e SR-08 apresentaram comportamento turbulento. E analisando, conjuntamente, suas respectivas profundidades, observa-se que a interpretação de fluxo turbulento foi obtida em trechos próximos a superfície, enquanto foi interpretado como lavagem em trechos mais profundos.

8. CONCLUSÕES

O ensaio de perda d'água sob pressão é um teste de simples execução, mas que fornece informações importantes sobre o maciço rochoso estudado, principalmente quanto a maneira que a água atua frente às descontinuidades da rocha. Para a execução deste ensaio, é necessário realizar sondagem rotativa, e por ser um método que visa investigar as condições geológico-geotécnicas, permite que seja realizada a classificação geomecânica do maciço rochoso.

Quanto à litologia, tem-se que no local há a presença de traquidacito vesicular e amigdaloidal. Por se tratar de rocha vulcânica, é importante considerar a facilidade de sofrer alteração, visto que os minerais presentes possuem estabilidade química menor, em comparação aos minerais de rocha plutônica. Além disso, a presença de vesículas e amígdalas na rocha influenciam na sua qualidade geotécnica, sendo válido a atenção quanto ao tamanho das vesículas e amígdalas presentes. Ainda, notou-se que há descontinuidades com presença de material pétreo rijo e com preenchimento argiloso, e esse tipo de informação está relacionado à rocha e à percolação de água, respectivamente.

Com relação à condutividade hidráulica, observou-se que, na maioria das sondagens, nas regiões mais à superfície apresentam condutividade alta a muito alta, e conforme os ensaios foram sendo realizados em maiores profundidades a condutividade também diminuiu, ficando entre moderada a muito baixa. Ao analisar as informações das sondagens e dos ensaios, notou-se que, neste caso, não há relação direta entre a quantidade de fraturas e a condutividade hidráulica. Ao associar condutividade hidráulica e a interpretação do comportamento do maciço rochoso, tem-se que os trechos classificados como H5 (condutividade muito alta) apresentam interpretação como fluxo turbulento, principalmente nos trechos localizados mais próximos à superfície, enquanto trechos mais profundos que apresentam a mesma classificação H5, demonstram comportamento de lavagem.

No que se refere às interpretações do comportamento do maciço rochoso, ao comparar as diferentes metodologias de classificação em cada trecho ensaiado, observou-se que houve semelhanças em alguns pontos, mas também foram observadas algumas divergências. Porém as divergências não significam que foram feitas interpretações erradas ou que anulem o uso do método, pois analisando de forma ampla, os quatro métodos se complementam.

A utilização de diferentes métodos de análise para o estudo detalhado mostrou-se de grande utilidade pois permite que se possa avaliar de diferentes formas para subsidiar a tomada de decisão em uma obra de engenharia e na realização do tratamento do maciço rochoso, quando necessário.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnold, G.P., 1993, Estudo do comportamento mecânico de basaltos alterados do Rio Grande do Sul para emprego em pavimentos rodoviários. Tese (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 145p.

Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE). 2013. Manual de sondagens. São Paulo, ABGE, Boletim nº3, 5ª ed., 103p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2020, NBR 6484 – Solo: Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. ABNT, São Paulo, 28p.

Azevedo, A.A., Guimarães, A.J., Côrtes, P.P.F., 2021, Ensaios de Perda d'Água sob Pressão - Diretrizes (Boletim 02). In: Monticelli, J.J. (editor). Investigações geológico-geotécnicas - Guia de boas práticas. 2ª ed. São Paulo: ABGE. Livro 5, p 307-355.

ASTM D4630-19, 2019, Standard Test Method for Determining Transmissivity and Storage Coefficient of Low-Permeability Rocks by In Situ Measurements Using the Constant Head Injection Test, American Society for Testing and Materials - ASTM International, West Conshohocken, PA. 8p.

Camargo, F., Midea, N., Nieble, C., Ruiz, M., 1972, Características Geomecânicas do Maciço Rochoso de Fundação das Estruturas de Concreto da Barragem de Ilha Solteira. In: Anais do Seminário Nacional de Grandes Barragens, Rio de Janeiro: ISRM/ABMS.

Castro, B., Garcia, A., 2017, Cartografia geotécnica para a cidade de Palmas/TO: determinação das cotas de impenetrável e nível freático por meio de sondagem SPT. DOI: 10.13140/RG.2.2.34429.87522.

de Brito, W. D. L., & Gomes, C., 2018, Fundação e geotecnia: métodos de investigação geológica e geotécnica da fundação de barragens de concreto. Revista do CEDS, 1(9), 1-13.

Deere D.U., Deere D.W. 1988. The Rock Quality Designation (RQD) Index in Practice. Rock Classification Systems for Engineering Purposes, ASTM STP 984, Louis Kirkaldie, Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, p.: 91-101.

Departamento Estadual de Infraestrutura (DEINFRA), 1994a, IN-01 – Instrução normativa para identificação e descrição de amostras de materiais inconsolidados. Florianópolis, DEINFRA, 6 p. Disponível em: <https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc-tecnicos/engenharia-rodoviaria/outros/IN-01.pdf>.

Departamento Estadual de Infraestrutura (DEINFRA), 1994b, IN-02 – Instrução normativa para descrição de testemunhos de sondagens rotativas e parâmetros geomecânicos. Florianópolis, DEINFRA, 8 p. Disponível em: <https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc-tecnicos/engenharia-rodoviaria/outros/IN-02.pdf>.

Departamento Estadual de Infraestrutura (DEINFRA), 1994c, IN-09 – Instrução normativa para execução de ensaio de permeabilidade. Florianópolis, DEINFRA, 8 p. Disponível em: <https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc-tecnicos/engenharia-rodoviaria/outros/IN-09.pdf>.

Departamento de Estradas de Rodagem (DER), 2006, ET-DE-B00/001 - Sondagens. DER, São Paulo, 62p.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), 2010, Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários: instruções para acompanhamento e análise. Rio de Janeiro, DNIT/IPR, publicação 739, p.: 519-524. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/739_diretrizes_basicas-instrucoes_para_acompanhamento.pdf>.

Fiori, A.P., Carmignani, L., 2013, Fundamentos de mecânica dos solos e das rochas: aplicações na estabilidade de taludes. 2ª ed. Paraná. Editora UFPR. 604p.

Freitas, S.B.N., 2011, Caracterização geomecânica e classificações RMR (Bieniawsky) e SMR (Romana) de maciços rochosos em taludes do Funchal. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade da Madeira (Portugal). Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/62478308.pdf>.

Goodman, R., 1980, Introduction to Rock Mechanics. Second Edition. John Wiley & Sons. New York, N.Y.

Guidicini G., Oliveira A.M.S., Camargo F.P., Kaji N. 1972. Um método de classificação geotécnica preliminar de maciços rochosos. In: 4ª semana paulista de geologia aplicada, v.4, São Paulo, Anais, APGA, p.: 275-282.

Hartmann, L.A., 2014, A história natural do Grupo Serra Geral desde o Cretáceo até o Recente. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM, v. 36, Ed. Especial, p. 173-182. Doi: https://doi.org/10.5902/2179460X13236

Houlsby, A.C., 1976, Routine interpretation of the Lugeon water-test. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, v. 9, n. 4, p. 303-313. Doi: 10.1144/GSL.QJEG.1976.009.04.03

ISO 22282-3:2012, 2012, Geotechnical investigation and testing — geohydraulic testing — part 3: water pressure tests in rock. International Organization for Standardization. 1st Edition. Review in 2017. 26p.

Janasi, V.A., Montanheiro, T.J., Dantas, F.A., Reis, P.M., de Freitas, V.A., Yamamoto, J.K., 2005, Aspectos geológicos, petrográficos e químicos do vulcanismo ácido da Bacia do Paraná na região de Piraju-Ourinhos (SP). In: Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados, 3, Cabo Frio, RJ

Lima, M.J.C. e Porto. A de., 1979, Prospecção Geotécnica do Subsolo. Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. Rio de Janeiro.

Marrano, A., Monticelli, J.J., Tressoldi, M., 2021, Diretrizes Para Classificação de Sondagens - 2ª Tentativa. In: Monticelli, J.J. (editor). Investigações geológico-geotécnicas - Guia de boas práticas. 2ª ed. São Paulo: ABGE. Livro 6, p 361-441.

Milani, E.J., Ramos, V.A., 1997, Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-ocidental. Revista Brasileira de Geociências, 28(4):473-484, dez.

Milani E.J., Faccini, U.F., Scherer, C.M., Araújo, L.M., Cupertino, J.A., 1998, Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), Southern Brazil. Boletim IG-USP, Série Científica v.29, p. 125-173.

Milani, E.J., França A.B., Medeiros R.A., 2006, Rochas geradoras e rochas-reservatório da Bacia do Paraná, faixa oriental de afloramentos, Estado do Paraná. Boletim de Geociências da Petrobras v.15, n.1, p. 135-162.

Milani, E.J., de Melo, J.H.G., de Souza, P.A., Fernandes, L.A., França, A.B., 2007, Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, maio/nov.

Ojima, L.M., Serra Jr, E., 2018, Caracterização e classificação de maciços rochosos: Cap. 16. In: Oliveira, A.M.S., Jerônimo, J. (editores). Geologia de Engenharia e Ambiental, vol. 2, São Paulo, ABGE.

Paitan, C.A.T., 2013, Modelagem numérica de fluxo em meios fraturados e meios porosos fraturados. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Peate, D.W., Hawkeswort, C.J., Mantovani, M.S.M., 1992, Chemical stratigraphy of the Paraná lavas (South America): classification of magma types and their spatial distribution. Bulletin of Volcanology, Berlin, v. 55, p. 119-139. Doi: 10.1007/BF00301125

Peixoto, A.S.P., 2001, Estudo do ensaio SPT-T e sua aplicação na prática de engenharia de fundações. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Doi: 10.13140/RG.2.1.1086.7681

Quiñones-Rozo, C., 2010, Lugeon test interpretation, revisited. In: Collaborative management of integrated watersheds, United States Society on Dams, 30th annual conference. p. 405-414.

Ranzini, S.M., 1994, Notas Técnicas. Revista Solos e Rochas, n 17, p 189-190.

Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), 2022, SIG (Vetores) – Geológico da Bacia do Paraná. Disponível em: <https://geosgb.cprm.gov.br/geosgb>. Acesso em: 18 de abril de 2023.

Souza L.A.P de, Silva R.F. da, Iyomasa W.S., 1998, Métodos de investigação. In: Oliveira A.M.S., Brito S.N.A. de (eds.). Geologia de engenharia. São Paulo, ABGE, p.: 184-190.

Terzaghi, K., Peck, R., Mesri, G.,1996, Soil Mechanics in Engineering Practice. Third Edition. J. Wiley & Sons. New York, N.Y. p.: 72-73.

Vaskou, P., de Quadros, E.F., Kanji, M.A., Johnson, T., Ekmekci, M., 2019, ISRM suggested method for the lugeon test. Rock Mechanics and Rock Engineering, 52, 4155-4174. Doi: 10.1007/s00603-019-01954-x

Viero, A.P., Gonzatti, C., 2016, Aproveitamento de Rocha Vulcânica Alterada em Minas de Produção de Brita. Implicações Financeiras e Ambientais. Revista Bimestral do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul.

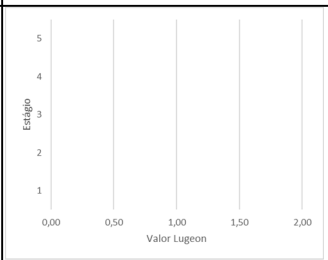
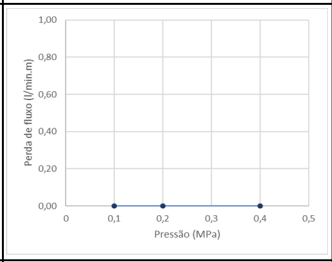
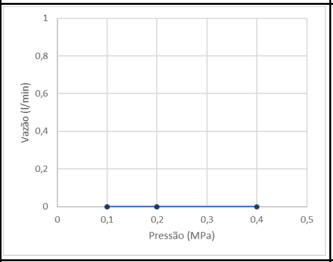
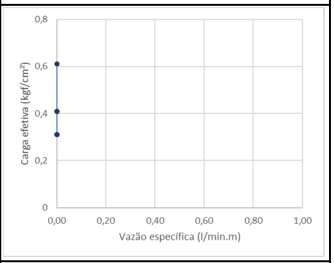
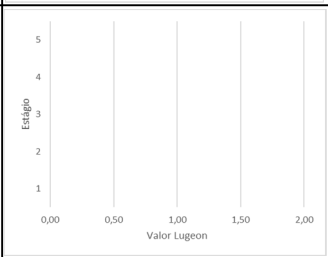
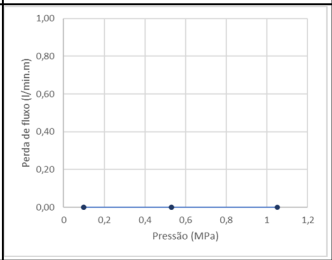
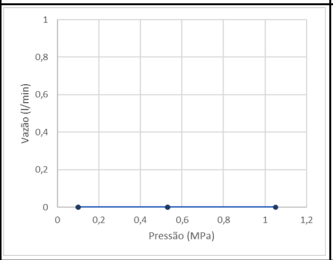
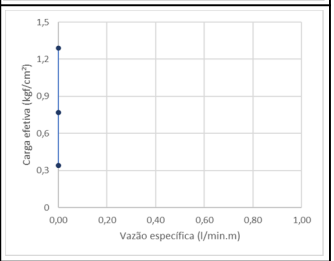
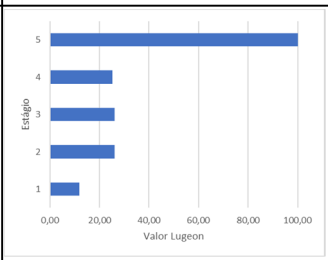
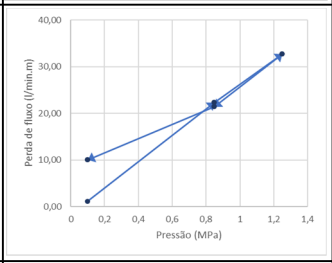
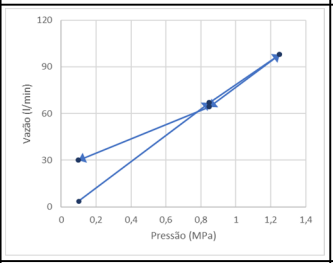
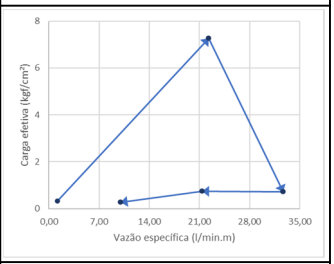
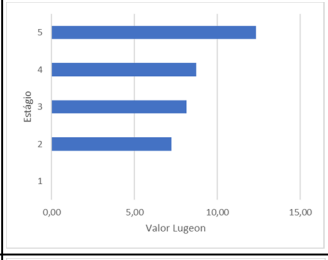
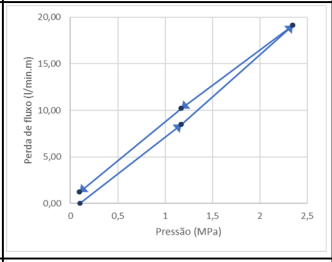
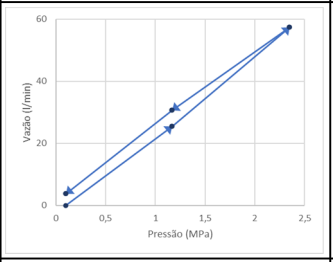
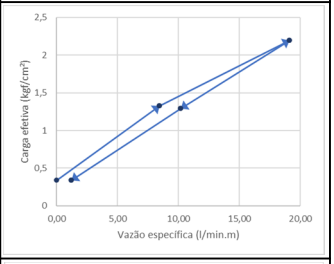
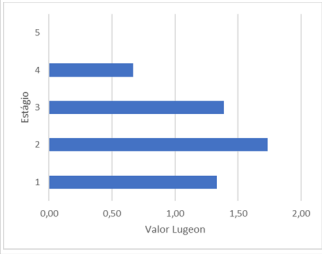
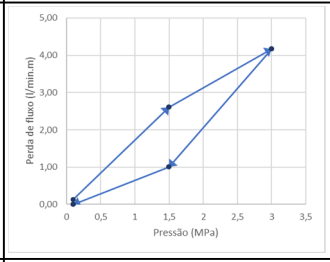
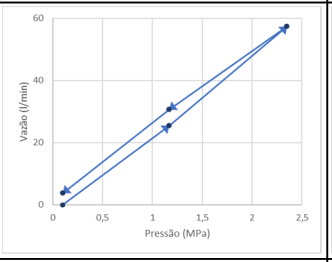
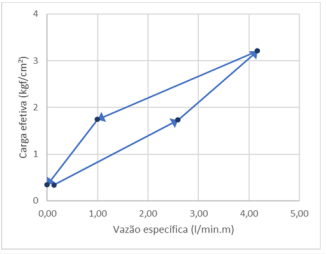
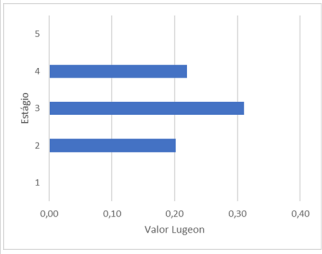
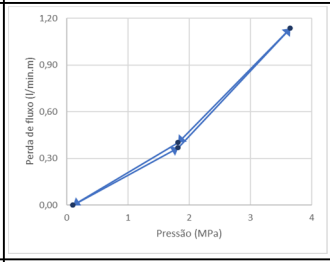
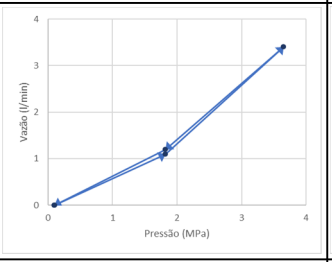
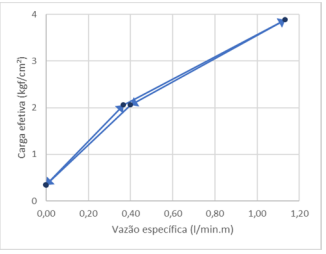
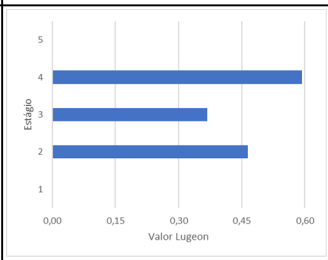
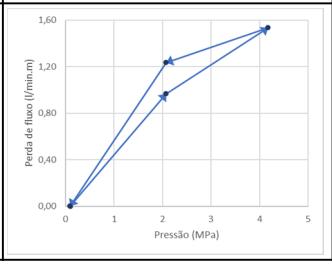
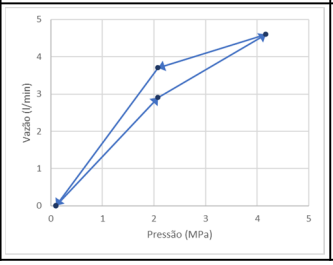
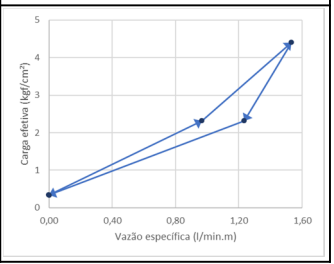
Zalán, P.V., Wolf, S., Conceição, J.C.J., Marques, A., Astolfi, M.A.M., Vieira, I.S., Appi, V.T., Zanotto, O.A., 1990, Bacia do Paraná. In: Raja-Gabaglia, G.P. & Milani, E.J. (Coordenadores), Origem e Evolução de Bacias Sedimentares. Rio de Janeiro, 415 p.

Zumrawi, M., 2014, Effects of inadequate Geotechnical Investigation on Civil Engineering Projects. International Journal of Science and Research, v. 3, n. 6

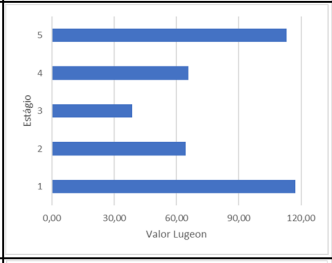
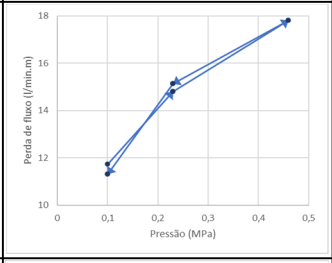
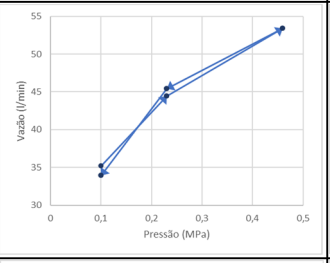
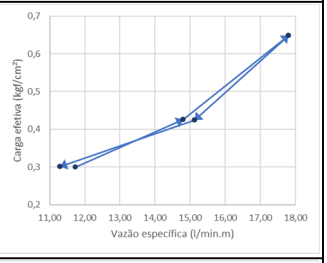
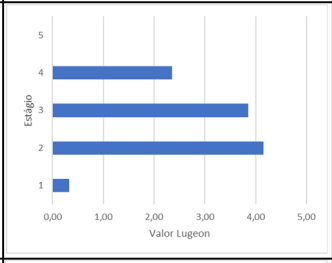
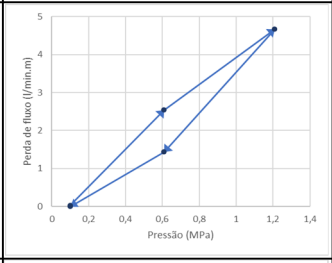
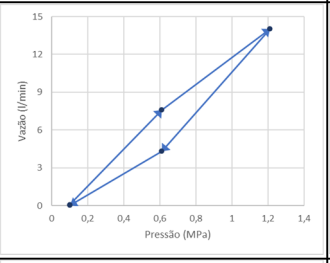
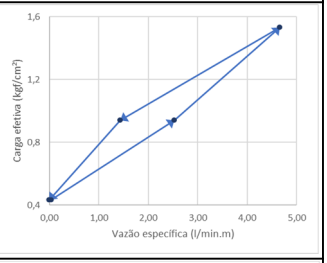
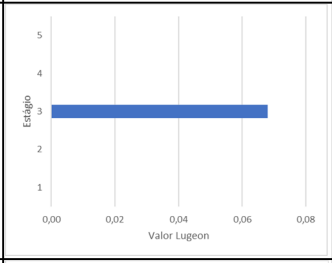
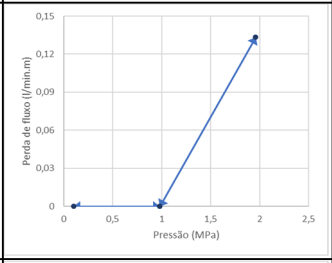
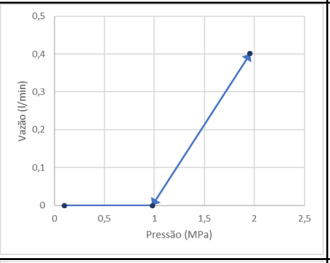
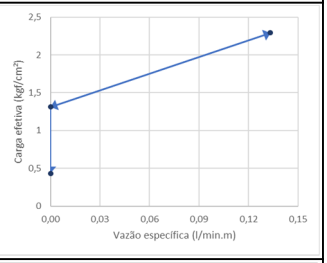
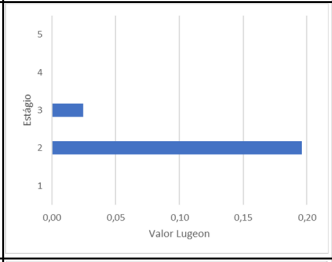
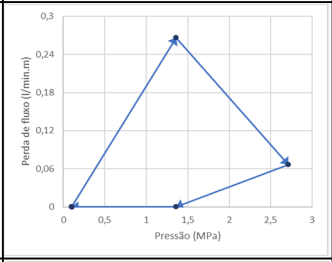
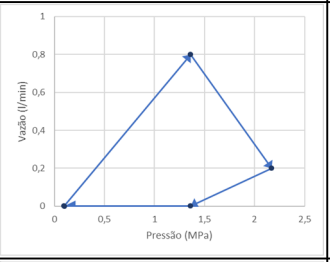
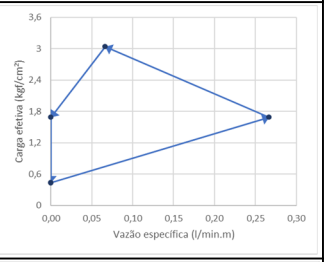
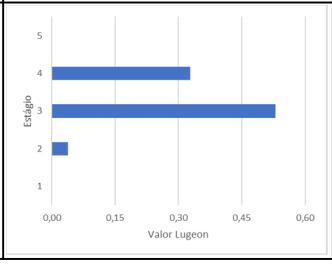
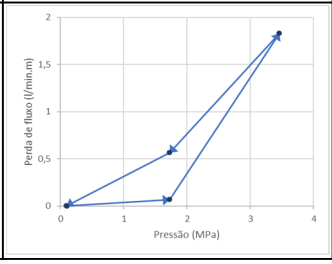
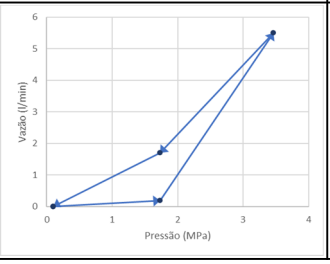
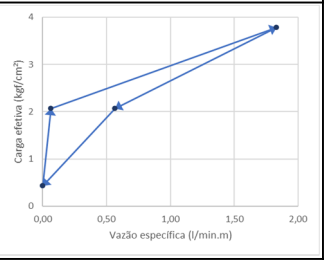
APÊNDICE

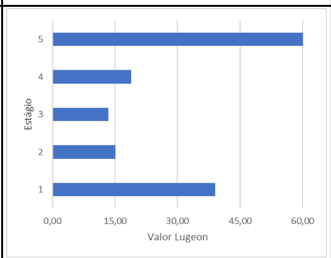
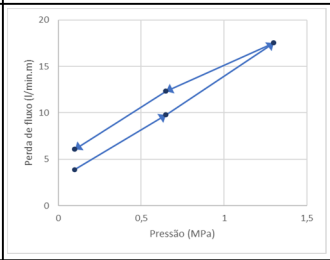
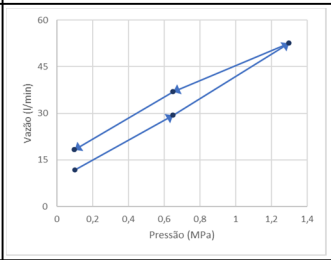
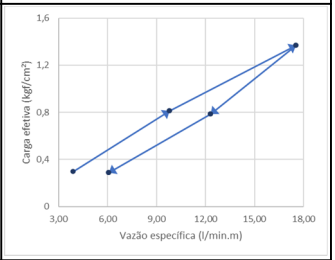
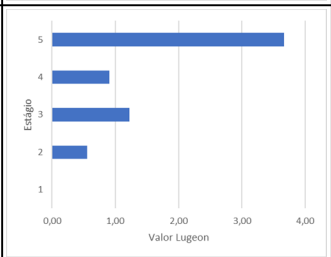
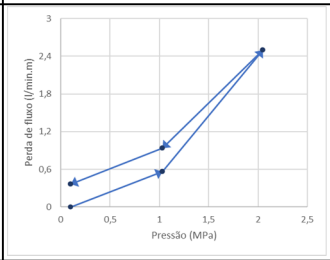
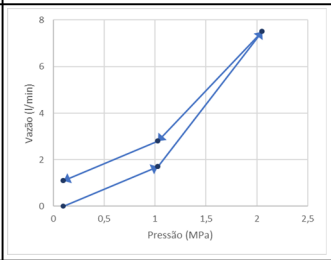
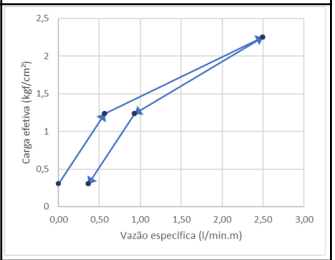
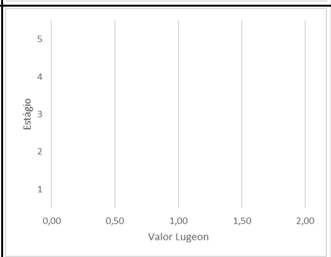
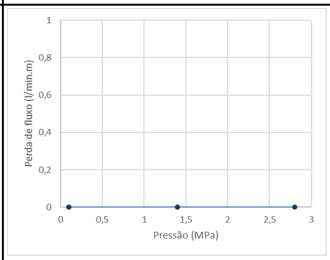
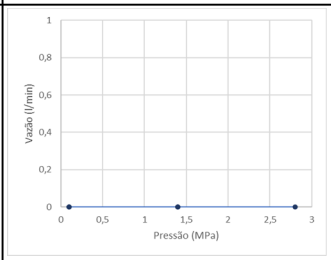
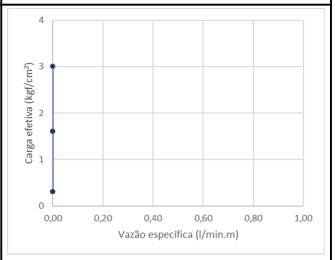
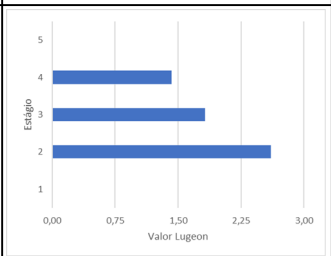
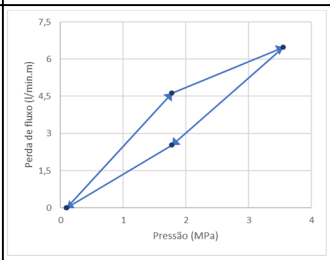
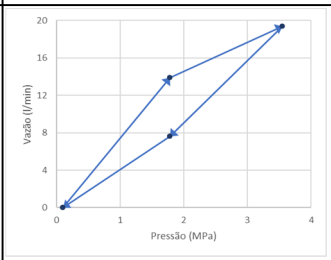
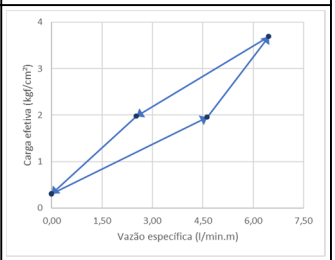
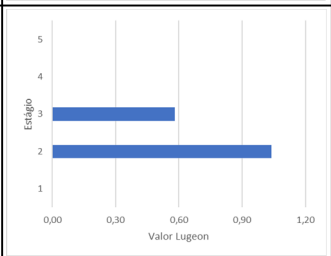
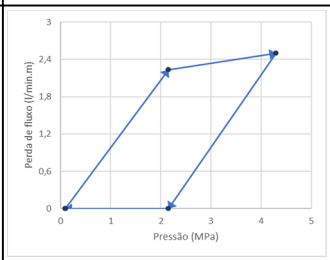
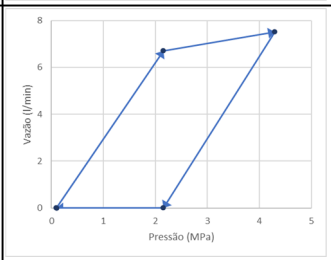
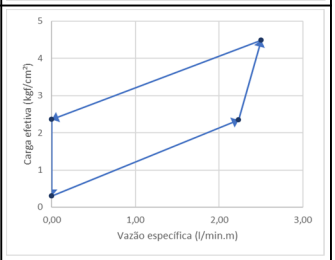
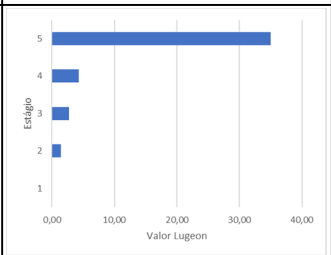
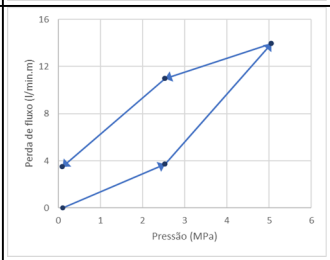
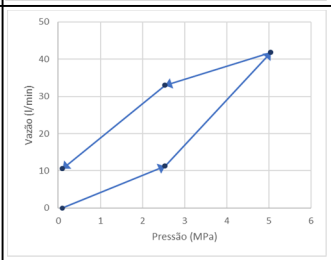
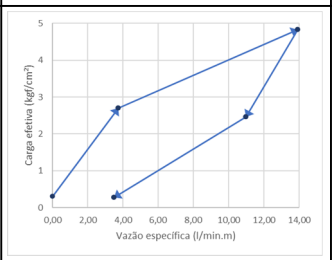
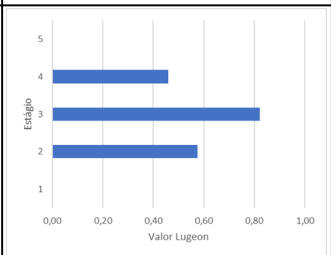
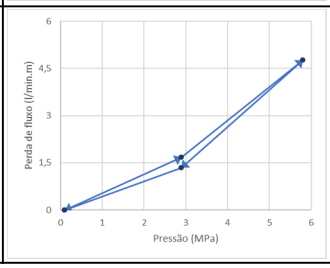
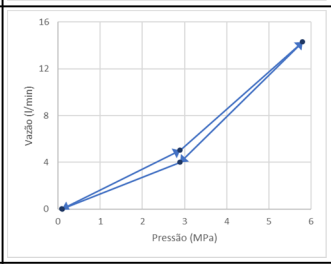
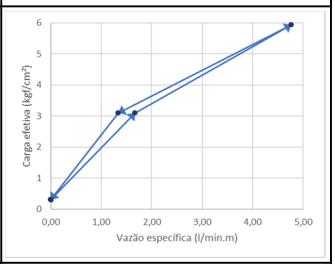
Gráficos interpretativos dos ensaios de perda d’água

SR-01

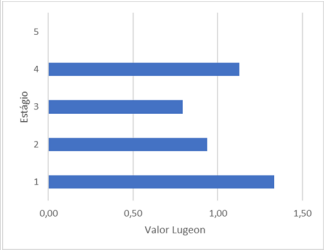
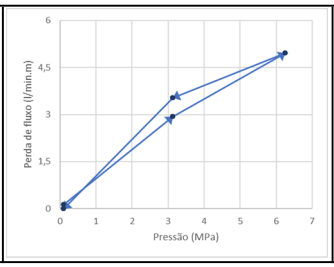
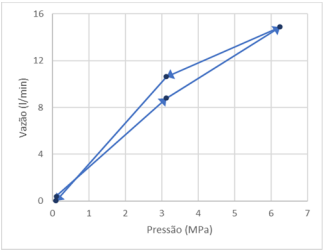
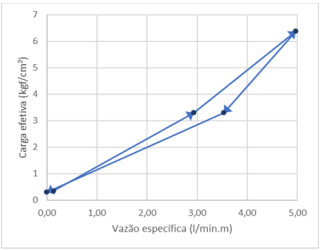
	Houlsby, 1976	Quiñones-Rozo, 2010	Vaskou et al., 2019	Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021
0,35-3,35				
3,35 – 6,35				
6,35 – 9,35				
9,35 – 12,35				
12,35 – 15,35				
15,35 – 18,35				
17,76 – 20,76				

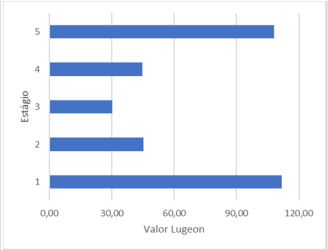
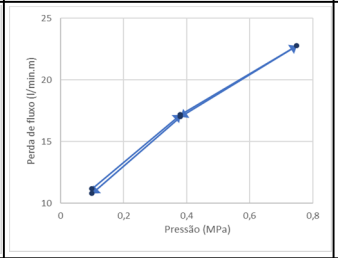
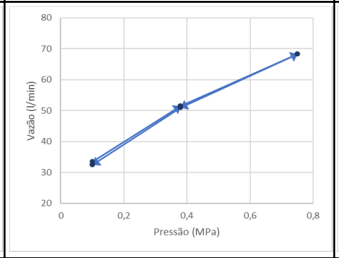
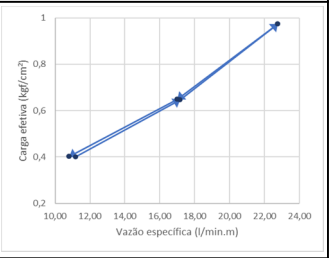
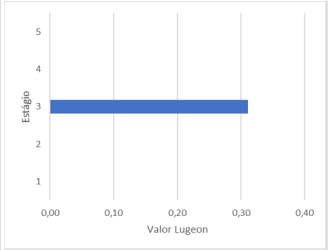
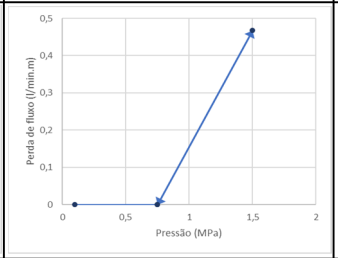
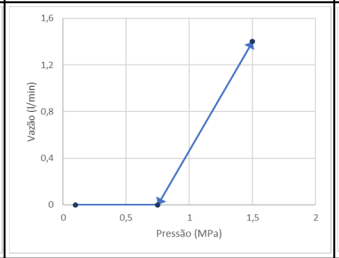
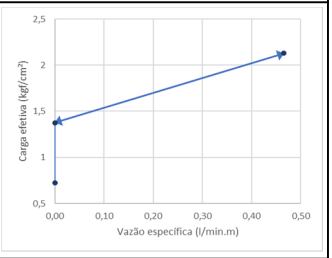
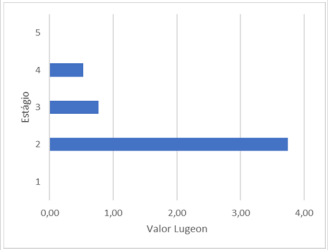
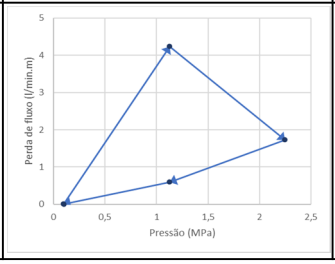
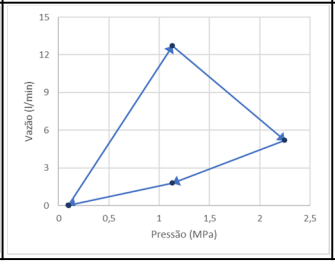
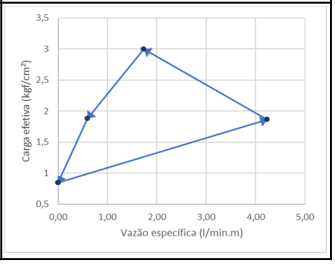
SR-02

	Houlsby, 1976	Quiñones-Rozo, 2010	Vaskou et al., 2019	Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021
0,35-3,35				
3,35 – 6,35				
6,35 – 9,35				
9,35 – 12,35				
12,35 – 15,35				

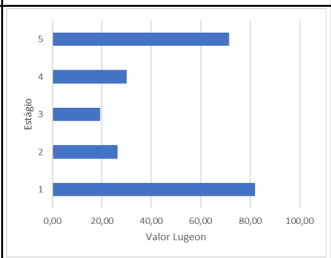
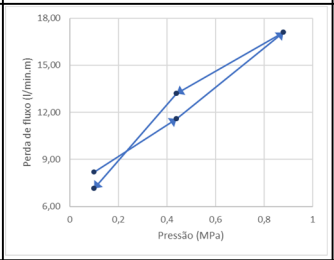
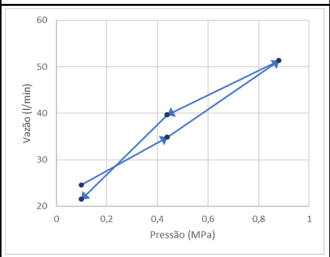
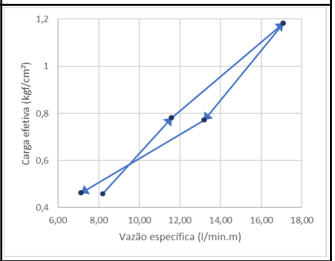
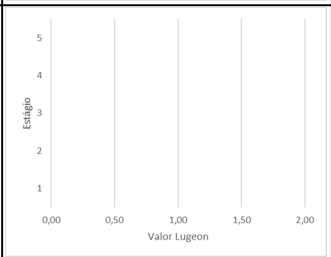
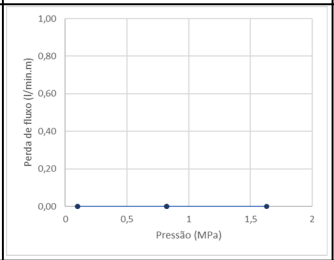
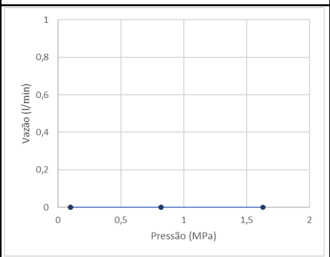
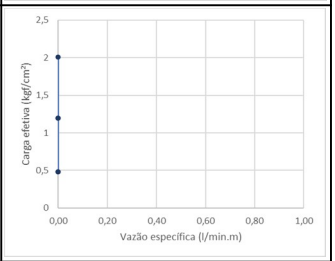
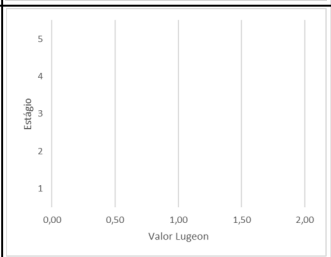
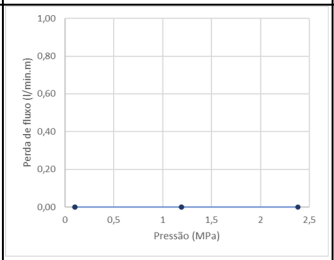
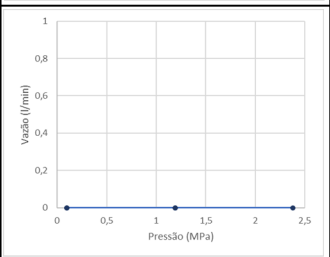
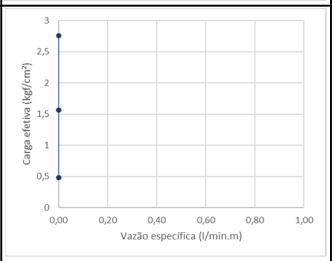
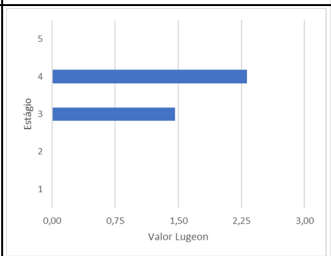
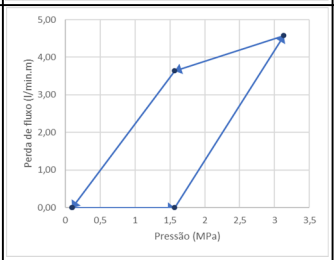
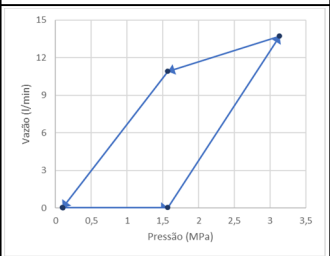
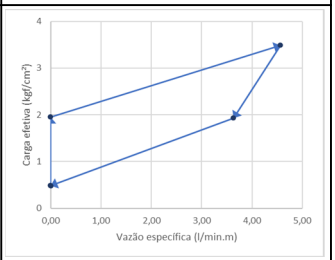
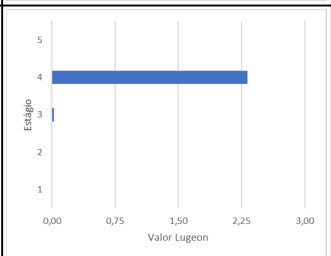
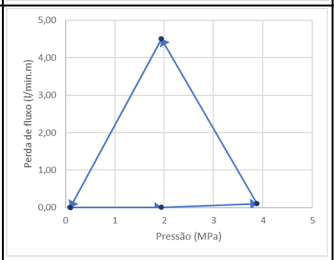
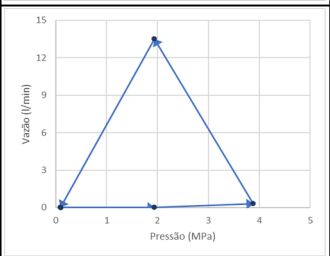
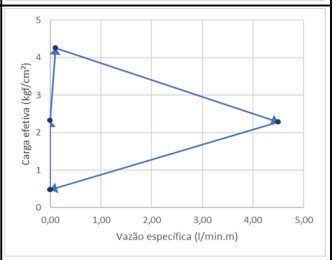
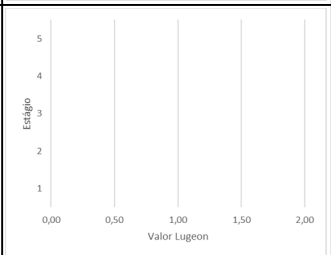
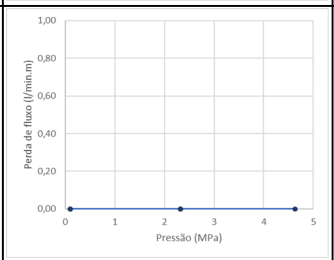
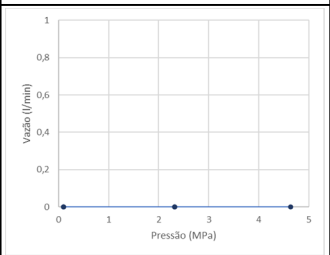
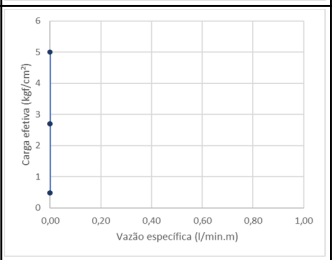
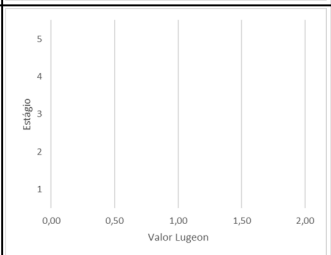
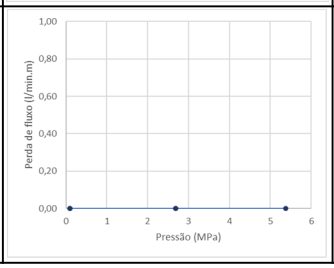
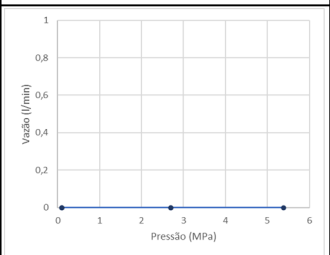
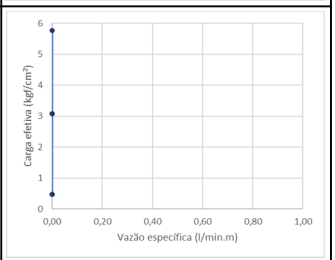
	Houlsby, 1976	Quiñones-Rozo, 2010	Vaskou et al., 2019	Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021
3,70 - 6,70				
6,70 - 9,70				
9,70 - 12,70				
12,70 - 15,70				
15,70 - 18,70				
18,70 - 21,70				
21,70 - 24,70				

SR-06

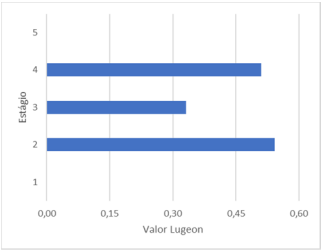
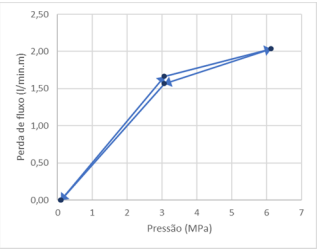
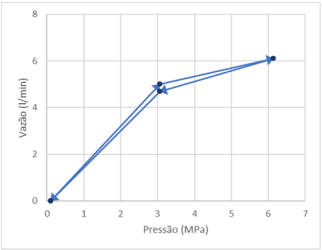
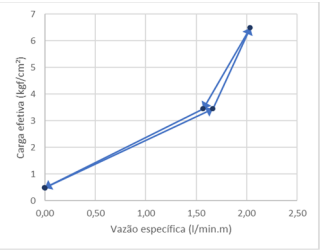
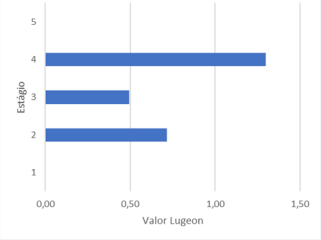
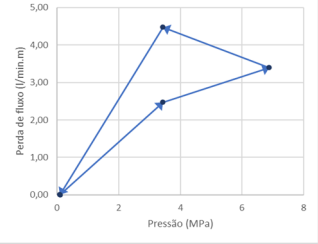
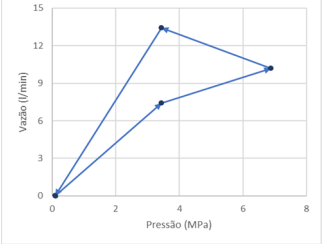
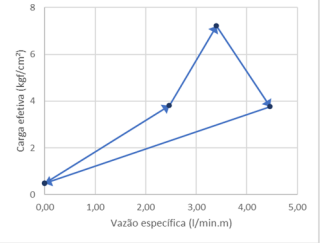
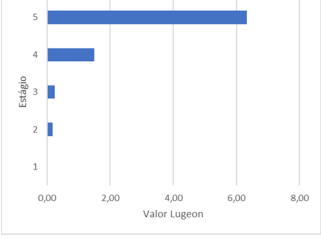
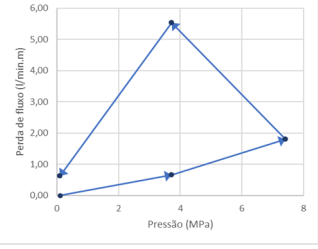
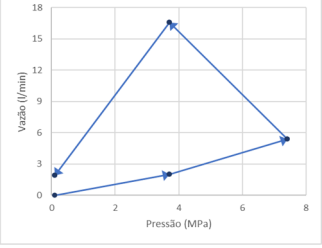
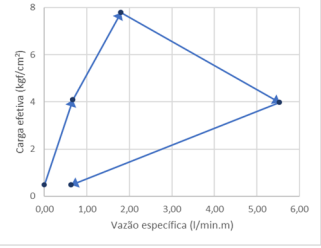
23,50 - 26,50				

	Houlsby, 1976	Quiñones-Rozo, 2010	Vaskou et al., 2019	Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021
1,50 - 4,50				
4,50 - 7,50				
7,50 - 10,50				

SR-08

	Houlsby, 1976	Quiñones-Rozo, 2010	Vaskou et al., 2019	Azevedo, Guimarães e Côrtes, 2021
2,02 - 5,02				
5,02 - 8,02				
8,02 - 11,02				
11,02 - 14,02				
14,02 - 17,02				
17,02 - 20,02				
20,02 - 23,02				

SR-08

23,02 - 26,02				
26,02 - 29,02				
28,15 - 31,15				

ANEXO A

Perfis de Sondagem e Fotografias dos Testemunhos de Sondagem

DAMASCO PENNA RESP. TÉCNICO A.S. DAMASCO PENNA ISO-9.001 I ISO-14.001 I OHSAS-18.001	CLIENTE: - OBRA: - LOCAL: PIRAJU - SP		SONDAGEM: **SR-01**
	DATA INÍCIO: 02/11/17 DATA TÉRMINO: 06/11/17	INCLINAÇÃO: 30° RUMO: 60°	COORDENADAS N: E:
	COTA DO TERRENO:	PROF. DA SONDAGEM: 21,04 m	

DIÂMETRO DO FURO	REVESTIMENTO	NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE	COTAS (COTA DA SUPERFÍCIE 492,226)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CLASS. GEOLÓGICA	PERFIL GEOLÓGICO	SPT
NQ		2,14 (07/11/17)	0,39	491,836	TRAQUIDACITO, CINZA E MARROM, VESICULADO A AMIGDALOIDAL, AFANÍTICO A FANERÍTICO FINO (GRANULAR), COM AMÍGDALAS PREENCHIDAS POR QUARZTO, CALCITA E/OU ZEÓLITAS, COM VEIOS (DIQUES CLÁSTICOS ?) E/OU XENÓLITOS CENTIMÉTRICOS (1 A 40 cm) DE ARENITO, MARROM AVERMELHADO	ROCHA ÍGNEA		
			0,66	491,566				
			1,05	491,176				
			2,18	490,046				
			3,70	488,526				
			5,25	486,976				
			6,80	485,426				
			8,32	483,906				
			9,68	482,546				
			11,17	481,056				
			12,71	479,516				
			13,93	478,296				
			14,33	477,896				
			15,81	476,416				
			17,34	474,886				
			18,89	473,336				
			20,07	472,156				
			21,04	471,186				
					Sondagem terminada com 21,04 m.			

ALTERAÇÃO	COERÊNCIA	FRATURAMENTO	PREENCHIMENTO	SUPERFÍCIE	INCLINAÇÃO	RECUPERAÇÃO (%)	R Q D (%)	TRECHO DO ENSAIO (m)	CARGA EFETIVA (kgf/cm2)	PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA (lm/min/kgf/cm2)	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA
A1	C1	F2 (1)	D2	S1	V/SH	100	R1(100)	0,35	0,310	0,000	H1
						100	R1(100)		0,410	0,000	
						100	R1(100)		0,610	0,000	
						100	R1 (100)		0,410	0,000	
						97	R1 (97)	3,35	0,310	0,000	
			D1/D2		I/SH	100	R1 (100)		0,339	0,000	H1
									0,769	0,000	
									1,289	0,000	
						100	R1 (100)	6,35	0,769	0,000	
									0,339	0,000	
			D4		SH	100	R1 (100)		0,338	3,553	H5
									0,726	30,690	
									0,728	44,881	
									0,752	28,446	
			D1			100	R1 (100)	9,35	0,261	38,260	
						100	R1 (100)		0,339	0,000	H4
									1,327	6,380	
									2,194	8,719	
					I/SV	100	R1 (100)	12,35	1,292	7,897	
									0,337	3,660	
						100	R1 (100)		0,339	0,393	H3
									1,728	1,505	
									3,212	1,297	
						100	R1(100)		1,737	0,576	
		F2 (2)			SV/V	100	R1 (100)	15,35	0,339	0,000	
									0,339	0,000	H2
						100	R1 (100)		2,059	0,178	
									3,886	0,292	
									2,059	0,194	
			D4/D3/D1		SV/SH	100	R1 (100)	18,35	0,339	0,000	
									0,339	0,000	H2
		F2 (1)	D1		SV	100	R1 (98)		2,317	0,417	
									4,403	0,348	
									2,315	0,533	
		F2 (4)			SV/I	100	R2 (90)	20,76	0,339	0,000	

GRAU DE ALTERAÇÃO		GRAU DE COERÊNCIA		GRAU DE FRATURAMENTO		PREENCHIMENTO DE DESCONTINUIDADES		SUPERFÍCIE		INCLINAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES		RQD (%)	
A1	Rocha Sã	C1	Rocha Muito Coerente	F1	<1 (Ocasionalmente Fraturada)	D1	Contato rocha-rocha, paredes sãs	S1	Rugosa	H	Horizontal (0° a 10°)	R1	90 a 100 (Excelente)
A2	Rocha Pouco Alterada	C2	Rocha Coerente	F2	1 a 5 (Pouco Fraturada)	D2	Contato rocha-rocha, presença de material pétreo rijo Ca-calcita; Si-Sílica			SH	Subhorizontal (10° a 20°)	R2	75 a 90 (Boa)
A3	Rocha Medianamente Alterada	C3	Rocha Medianamente Coerente	F3	6 a 10 (Medianamente Fraturada)	D3	Paredes com alteração incipiente, sinais de percolação de água, preenchimento ausente	S2	Lisa	I	Inclinada (20° a 70°)	R3	50 a 75 (Regular)
A4	Rocha Muito Alterada	C4	Rocha Pouco Coerente	F4	11 a 20 (Muito Fraturada)	D4	Paredes alteradas, preenchimento ausente			SV	Subvertical (70° a 80°)	R4	25 a 50 (Pobre)
A5	Rocha Extremamente Alterada	C5	Rocha Friável	F5	>20 (Fragmentada)	D5	Paredes alteradas, com preenchimento. ag1-preenchimento argiloso com 1mm. gr10 - preenchimento granular com 10mm.	S3	Estriada	V	Vertical (80° a 90°)	R5	0 a 25 (Muito Pobre)

MEDIDAS DE NÍVEL D'ÁGUA

Data	Hora	Profundidade da sondagem	Posição do revestimento	N.A
03/11/17	07:00	8,32 m	-	3,65 m
04/11/17	07:00	13,93 m	-	3,82 m
06/11/17	07:00	17,34 m	-	3,90 m
07/11/17	15:20	21,04 m	-	2,14 m

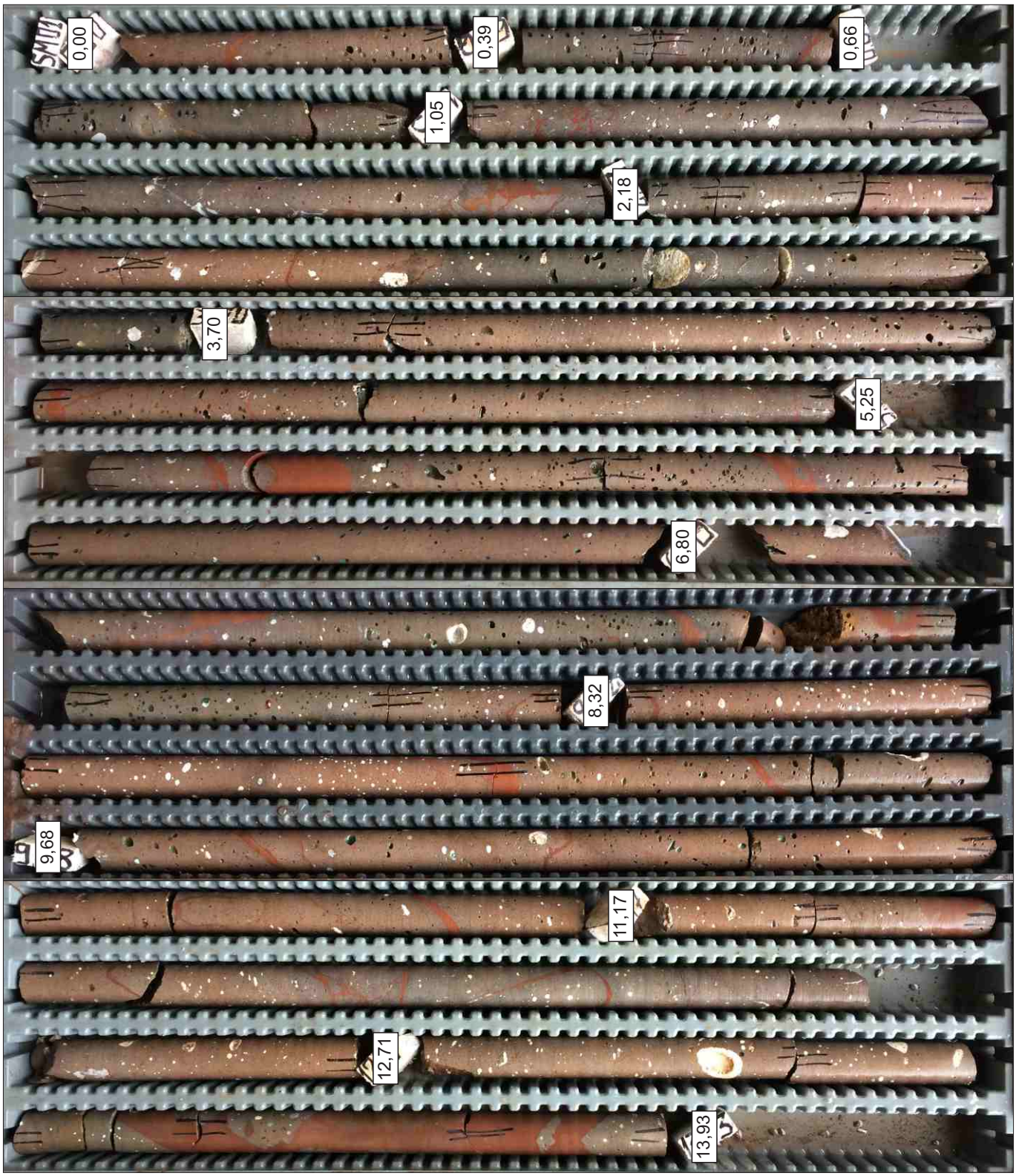
OBSERVAÇÕES:

*Perda d'agua com 7,57m.

*Preenchimento D2 - Contato rocha-rocha com presença de material pétreo rijo (quartzo, calcita e/ou zeólitas)

NOTA IMPORTANTE:	RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:	FOLHA:
O resultado desta sondagem tem significado restrito e se aplica somente ao ponto sondado, não devendo ser extrapolado.	Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro		1/1
	DESENHADO POR: Gustavo Marques	DATA: 04/12/17		

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica	CLIENTE:	SONDAGEM: SR-01
	OBRA:	
	LOCAL: Piraju - SP	PROF. DA SONDAGEM: 21,04 m / FOLHA: 1/2

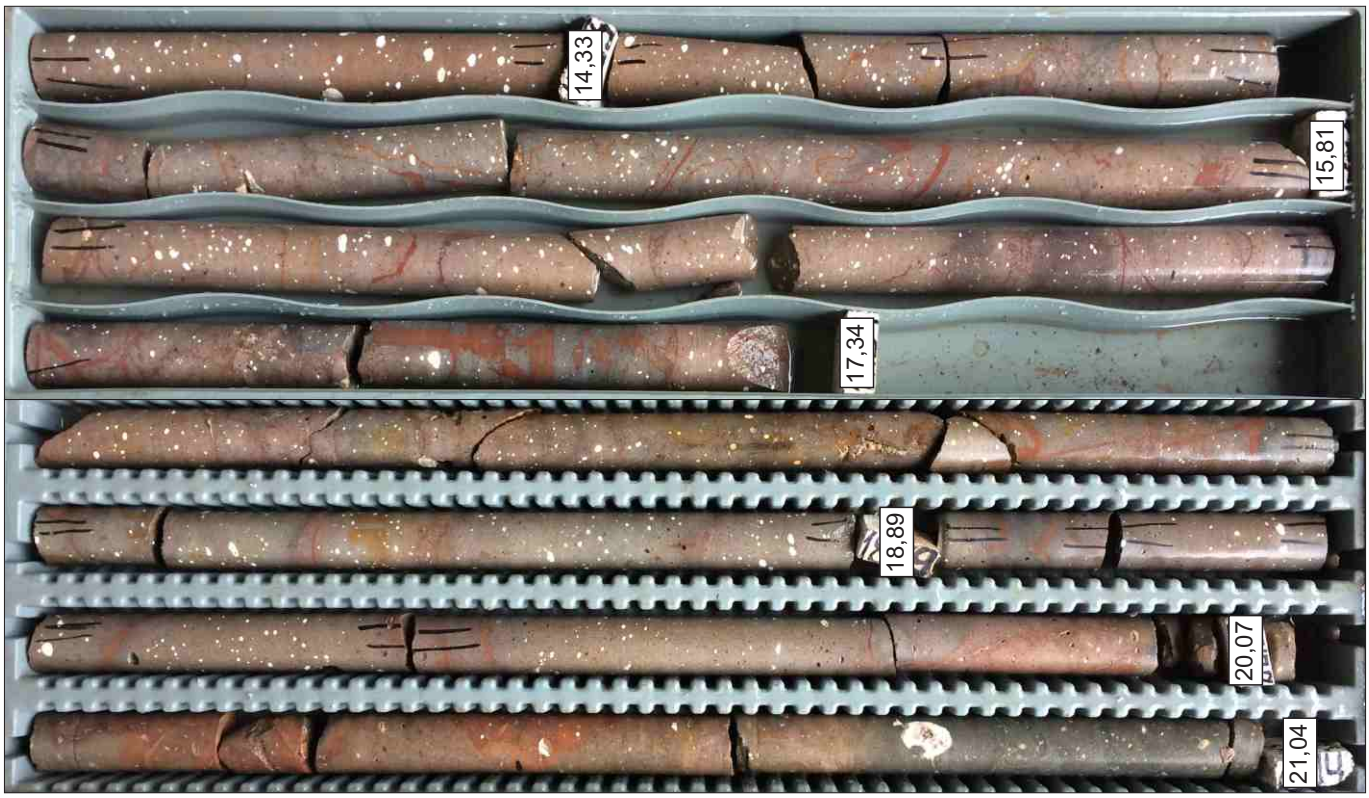


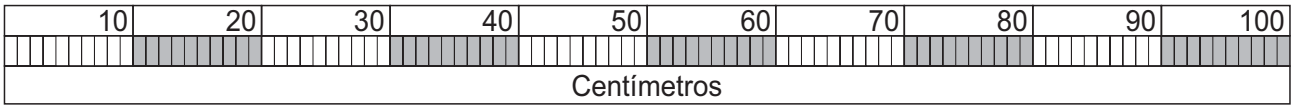
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Centímetros

RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:
Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro	

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica	CLIENTE:	SONDAGEM: SR-01
	OBRA:	
	LOCAL: Piraju - SP	PROF. DA SONDAGEM: 21,04 m / FOLHA: 2/2





RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:
Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro	

DAMASCO PENNA	CLIENTE: -		SONDAGEM: SR-02
	OBRA: -		
	LOCAL: PIRAJU - SP		
RESP. TÉCNICO A.S. DAMASCO PENNA	DATA INÍCIO: 25/10/17	INCLINAÇÃO: VERTICAL	COORDENADAS N:
ISO-9.001 I ISO-14.001 I OHSAS-18.001	DATA TÉRMINO: 31/10/17	RUMO:	E:

COTA DO TERRENO:

PROF. DA SONDAGEM: 15,66 m

DIÂMETRO DO FURO	REVESTIMENTO	NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE	COTAS (COTA DA SUPERFÍCIE 492,217)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CLASS. GEOLÓGICA	PERFIL GEOLÓGICO	SPT
NQ		3.07 (03/11/17)	0,40	491,817	TRAQUIDACITO, CINZA E MARROM, VESICULADO A AMIGDALOIDAL, AFANÍTICO A FANERÍTICO FINO (GRANULAR), COM AMÍGDALAS PREENCHIDAS POR QUARZTO, CALCITA E/OU ZEÓLITAS	ROCHA ÍGNEA		
			0,80	491,417				
			1,21	491,007				
			1,61	490,607				
			2,85	489,367				
				489,147				
			4,44	487,777				
			5,46	486,757				
			6,99	485,227				
			8,54	483,677				
			10,05	482,167				
			11,56	480,657				
			13,03	479,187				
			14,14	478,077				
			15,66	476,557				
					Sondagem terminada com 15,66 m.			

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO SPT

ALTERAÇÃO	COERÊNCIA	FRATURAMENTO	PREENCHIMENTO	SUPERFÍCIE	INCLINAÇÃO	RECUPERAÇÃO (%)	R Q D (%)	TRECHO DO ENSAIO (m)
A1	C1	F2 (2)	D4/D2	S1	I/SH	100	R1(100)	0,35
						100	R1(100)	
						100	R1(100)	
						90	R3 (60)	
						100	R1 (96)	
						100	R1 (94)	3,35
		F1 (0)	-	-	-	100	R1 (100)	
		F2 (1)	D2/D3	S1	I	100	R1 (100)	6,35
						100	R1 (97)	
		F2 (3)	D1			100	R1 (89)	9,35
		F2 (1)	D2/D3		I/SH	100	R1 (100)	
						100	R1 (100)	12,35
						100	R1 (91)	
		F2 (3)	D1/D3			95	R2 (80)	15,35

ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA E INFILTRAÇÃO

CARGA EFETIVA (kgf/cm2)	PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA (lm/min/kgf/cm2)	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA
0,300	39,060	H5
0,425	34,826	
0,649	27,446	
0,424	35,666	
0,301	37,533	
0,432	0,077	H4
0,939	2,698	
1,532	3,046	
0,941	1,523	
0,432	0,000	
0,432	0,000	H1
1,312	0,000	
2,292	0,058	
1,312	0,000	
0,432	0,000	
0,432	0,000	H2
1,692	0,158	
3,042	0,022	
1,692	0,000	
0,432	0,000	
0,432	0,000	H2
2,062	0,032	
3,786	0,484	
2,061	0,275	
0,432	0,000	

GRAU DE ALTERAÇÃO		GRAU DE COERÊNCIA		GRAU DE FRATURAMENTO		PREENCHIMENTO DE DESCONTINUIDADES		SUPERFÍCIE		INCLINAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES		RQD (%)	
A1	Rocha Sã	C1	Rocha Muito Coerente	F1	<1 (Ocasionalmente Fraturada)	D1	Contato rocha-rocha, paredes sãs	S1	Rugosa	H	Horizontal (0° a 10°)	R1	90 a 100 (Excelente)
A2	Rocha Pouco Alterada	C2	Rocha Coerente	F2	1 a 5 (Pouco Fraturada)	D2	Contato rocha-rocha, presença de material pétreo rijo Ca-calcita; Si-Sílica			SH	Subhorizontal (10° a 20°)	R2	75 a 90 (Boa)
A3	Rocha Medianamente Alterada	C3	Rocha Medianamente Coerente	F3	6 a 10 (Medianamente Fraturada)	D3	Paredes com alteração incipiente, sinais de percolação de água, preenchimento ausente	S2	Lisa	I	Inclinada (20° a 70°)	R3	50 a 75 (Regular)
A4	Rocha Muito Alterada	C4	Rocha Pouco Coerente	F4	11 a 20 (Muito Fraturada)	D4	Paredes alteradas, preenchimento ausente			SV	Subvertical (70° a 80°)	R4	25 a 50 (Pobre)
A5	Rocha Extremamente Alterada	C5	Rocha Friável	F5	>20 (Fragmentada)	D5	Paredes alteradas, com preenchimento. ag1-preenchimento argiloso com 1mm. gr10 - preenchimento granular com 10mm.	S3	Estriada	V	Vertical (80° a 90°)	R5	0 a 25 (Muito Pobre)

MEDIDAS DE NÍVEL D'ÁGUA

Data	Hora	Profundidade da sondagem	Posição do revestimento	N.A
26/10/17	07:05	5,46 m	-	1,69 m
30/10/17	15:00	8,54 m	-	1,68 m
31/10/17	07:00	11,56 m	-	1,11 m
03/11/17	09:00	15,66 m	-	3,07 m

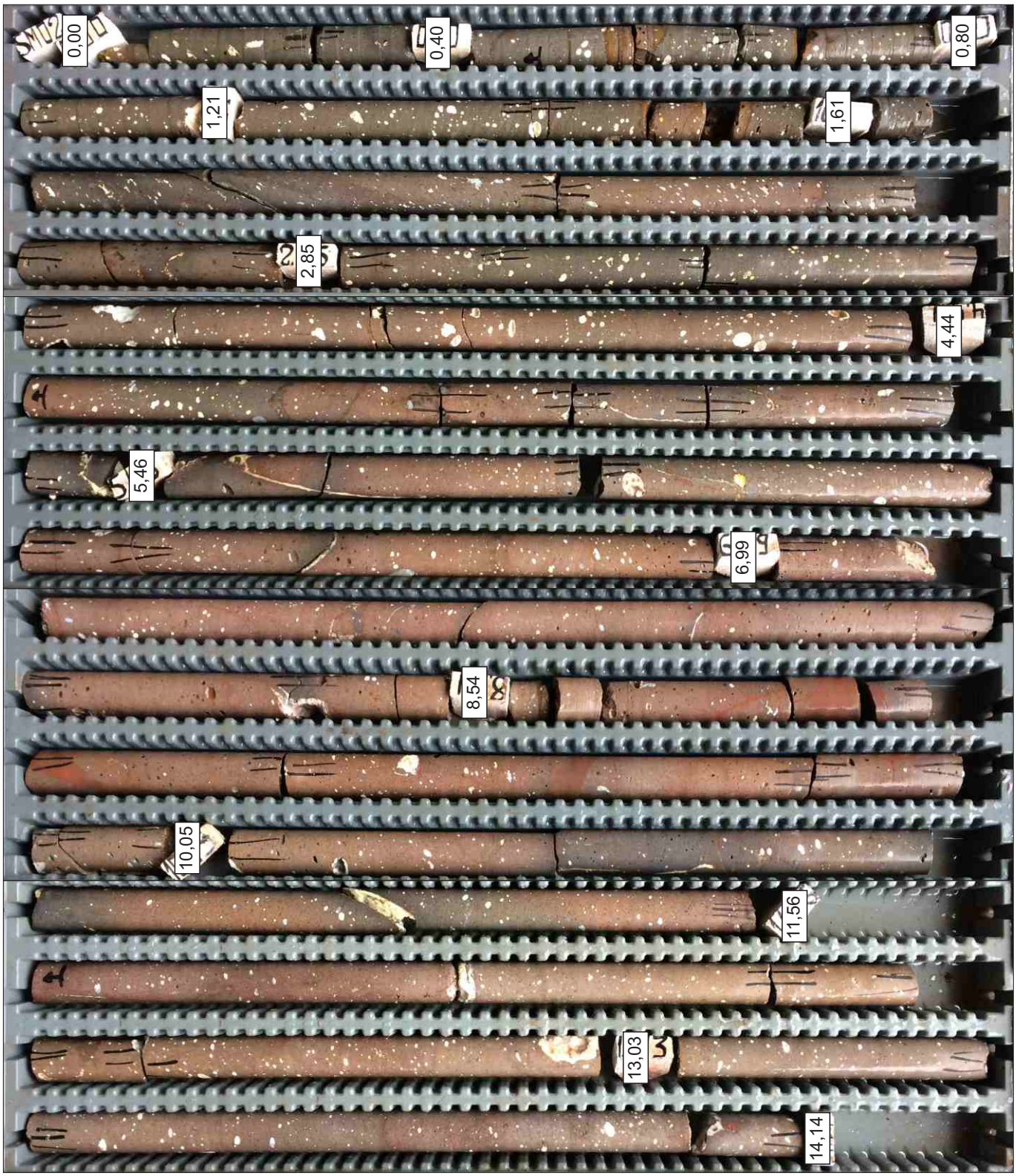
OBSERVAÇÕES:

*Perda d'agua com 1,55m.

*Preenchimento D2 - Contato rocha-rocha com presença de material pétreo rijo (quartzo, calcita e/ou zeólitas)

NOTA IMPORTANTE:	RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:	FOLHA:
O resultado desta sondagem tem significado restrito e se aplica somente ao ponto sondado, não devendo ser extrapolado.	Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro		1/1
	DESENHADO POR: Gustavo Marques	DATA: 04/12/17		

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica	CLIENTE:	SONDAGEM: SR-02
	OBRA:	
	LOCAL: Piraju - SP	PROF. DA SONDAGEM: 15,66 m / FOLHA: 1/2

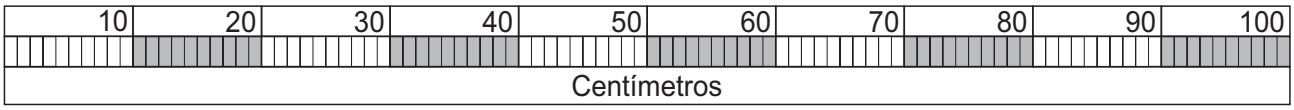


10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Centímetros

RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:
Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro	

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica	CLIENTE:	SONDAGEM: SR-02
	OBRA:	
	LOCAL: Piraju - SP	PROF. DA SONDAGEM: 15,66 m / FOLHA: 2/2



RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:
Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro	

DAMASCO PENNA RESP. TÉCNICO A.S. DAMASCO PENNA ISO-9.001 I ISO-14.001 I OHSAS-18.001	CLIENTE: - OBRA: - LOCAL: PIRAJU - SP		SONDAGEM: **SR-06**
	DATA INÍCIO: 13/10/17 DATA TÉRMINO: 14/10/17	INCLINAÇÃO: VERTICAL RUMO:	COORDENADAS N: / E:
	COTA DO TERRENO:	PROF. DA SONDAGEM: 26,78 m	

DIÂMETRO DO FURO	REVESTIMENTO	NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE	COTAS (COTA DA SUPERFÍCIE 506,995)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CLASS. GEOLÓGICA	PERFIL GEOLÓGICO	SPT
NQ	3,20	1,80 (24/10/17)	1,00	505,995	ARGILA ARENOSA (AREIA FINA), COM DETRITOS VEGETAIS, MARROM ESCURA	SS		26
			2,10	505,195	FRAGMENTOS DE TRAQUIDACITO, CINZA, COMPACTO A MUITO COMPACTO	SAR		30/10
			3,00	504,895	TRAQUIDACITO, CINZA E MARROM, VESICULADO A AMIGDALOIDAL, AFANÍTICO A FANERÍTICO FINO (GRANULAR), COM AMÍGDALAS PREENCHIDAS POR QUARZTO, CALCITA E/OU ZEÓLITAS	ROCHA ÍGNEA		
			3,97	503,995				
			5,50	503,025				
			7,02	501,495				
			8,55	499,975				
			10,02	498,445				
			11,55	496,975				
			13,07	495,445				
			14,60	493,925				
			16,12	492,395				
			17,65	490,875				
			19,17	489,345				
			20,04	487,825				
			20,67	486,955				
			22,20	486,325				
			23,72	484,795				
			25,00	483,275				
				481,995				

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO SPT

ALTERAÇÃO	COERÊNCIA	FRATURAMENTO	PREENCHIMENTO	SUPERFÍCIE	INCLINAÇÃO	RECUPERAÇÃO (%)	R Q D (%)	TRECHO DO ENSAIO (m)	CARGA EFETIVA (kgf/cm2)	PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA (l/min/m/kgf/cm2)	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA
A1/A2	C1/C2	F5 (>20)	D4	S1	I/SH	30	R5 (0)				
		F3 (6)	D4/D3/D1		I	99	R4 (36)	3,70	0,297	13,112	H5
						100	R3 (66)		0,810	12,094	
									1,368	12,819	
						100	R2 (84)	6,70	0,786	15,654	
									0,287	21,118	
		F2 (4)	D3/D1		I/SH	100	R1 (96)		0,305	0,000	H3
									1,235	0,459	
									2,249	1,111	
						100	R1 (100)	9,70	1,234	0,756	
									0,305	1,203	
		F2 (1)	D1		SH	100	R1 (100)		0,305	0,000	H1
									1,605	0,000	
									3,005	0,000	
						100	R1 (100)	12,70	1,605	0,000	
									0,305	0,000	
A1	C1	F1 (0)	-	-	-	100	R1 (100)		0,305	0,000	H3
									1,950	2,376	
									3,689	1,753	
						100	R1 (100)	15,70	1,974	1,283	
									0,305	0,000	
		F2 (2)	D1/D2/D3	S1	I	100	R1 (100)		0,305	0,000	H2
									2,345	0,953	
									4,492	0,557	
						76	R2 (76)	18,70	2,355	0,000	
									0,305	0,000	
		F1 (0)	-	-	-	100	R1 (100)		0,305	0,000	H5
									2,702	1,382	
						100	R1 (100)		4,832	2,883	
									2,467	4,459	
		F2 (1)	D1	S1	I	100	R1 (100)	21,70	0,276	12,701	
									0,305	0,000	H2
		F1 (0)	-	-	-	100	R1 (100)		3,097	0,538	
									5,943	0,802	
									3,100	0,430	
						100	R1 (100)	24,70	0,305	0,000	
									0,305	0,437	H3

GRAU DE ALTERAÇÃO		GRAU DE COERÊNCIA		GRAU DE FRATURAMENTO		PREENCHIMENTO DE DESCONTINUIDADES		SUPERFÍCIE		INCLINAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES		RQD (%)	
A1	Rocha Sã	C1	Rocha Muito Coerente	F1	<1 (Ocasionalmente Fraturada)	D1	Contato rocha-rocha, paredes sãs	S1	Rugosa	H	Horizontal (0° a 10°)	R1	90 a 100 (Excelente)
A2	Rocha Pouco Alterada	C2	Rocha Coerente	F2	1 a 5 (Pouco Fraturada)	D2	Contato rocha-rocha, presença de material pétreo rijo Ca-calcita; Si-Sílica			SH	Subhorizontal (10° a 20°)	R2	75 a 90 (Boa)
A3	Rocha Medianamente Alterada	C3	Rocha Medianamente Coerente	F3	6 a 10 (Medianamente Fraturada)	D3	Paredes com alteração incipiente, sinais de percolação de água, preenchimento ausente	S2	Lisa	I	Inclinada (20° a 70°)	R3	50 a 75 (Regular)
A4	Rocha Muito Alterada	C4	Rocha Pouco Coerente	F4	11 a 20 (Muito Fraturada)	D4	Paredes alteradas, preenchimento ausente			SV	Subvertical (70° a 80°)	R4	25 a 50 (Pobre)
A5	Rocha Extremamente Alterada	C5	Rocha Friável	F5	>20 (Fragmentada)	D5	Paredes alteradas, com preenchimento. ag1-preenchimento argiloso com 1mm. gr10 - preenchimento granular com 10mm.	S3	Estriada	V	Vertical (80° a 90°)	R5	0 a 25 (Muito Pobre)

MEDIDAS DE NÍVEL D'ÁGUA

Data	Hora	Profundidade da sondagem	Posição do revestimento	N.A
14/10/17	07:01	11,55 m	3,20 m	7,74 m
24/10/17	08:05	26,78 m	3,20 m	1,80 m

OBSERVAÇÕES:

*SS - Solo Superficial

*SAR - Solo de Alteração de Rocha

*Preenchimento D2 - Contato rocha-rocha com presença de material pétreo rijo (quartzo, calcita e/ou zeólitas)

NOTA IMPORTANTE:	RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:	FOLHA:
O resultado desta sondagem tem significado restrito e se aplica somente ao ponto sondado, não devendo ser extrapolado.	Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro		1/2
	DESENHADO POR: Gustavo Marques	DATA: 04/12/17		

DAMASCO PENNA	CLIENTE: -		SONDAGEM:
	OBRA: -		SR-06
	LOCAL: PIRAJU - SP		
RESP. TÉCNICO A.S. DAMASCO PENNA	DATA INÍCIO: 13/10/17	INCLINAÇÃO: VERTICAL	COORDENADAS N:
ISO-9.001 I ISO-14.001 I OHSAS-18.001	DATA TÉRMINO: 14/10/17	RUMO:	E:

COTA DO TERRENO:	PROF. DA SONDAGEM:
506,995	26,78 m

DIÂMETRO DO FURO	REVESTIMENTO	NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE	COTAS (COTA DA SUPERFÍCIE 506,995)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CLASS. GEOLÓGICA	PERFIL GEOLÓGICO	SPT	ALTERAÇÃO	COERÊNCIA	FRATURAMENTO	PREENCHIMENTO	SUPERFÍCIE	INCLINAÇÃO	RECUPERAÇÃO (%)	R Q D (%)	TRECHO DO ENSAIO (m)	CARGA EFETIVA (kgf/cm2)	PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA (lm/min/kgf/cm2)	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA
NQ			25,24	481,755	TRAQUIDACITO, CINZA E MARROM, VESICULADO A AMIGDALOIDAL, AFANÍTICO A FANERÍTICO FINO (GRANULAR), COM AMÍGDALAS PREENCHIDAS POR QUARZTO, CALCITA E/OU ZEÓLITAS	ROCHA ÍGNEA	× × × × × × × ×		A1	C1	F2 (1)	D1	S1	I	100 / 100	R1 (100) / R1 (100)	26,70	3,309 / 6,383 / 3,297 / 0,305	0,887 / 0,778 / 1,072 / 0,000	H3
			26,78	480,215	Sondagem terminada com 26,78 m.															

Escala de profundidade: 25, 30, 35, 40, 45, 50

GRAU DE ALTERAÇÃO		GRAU DE COERÊNCIA		GRAU DE FRATURAMENTO		PREENCHIMENTO DE DESCONTINUIDADES		SUPERFÍCIE		INCLINAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES		RQD (%)	
A1	Rocha Sã	C1	Rocha Muito Coerente	F1	<1 (Ocasionalmente Fraturada)	D1	Contato rocha-rocha, paredes sãs	S1	Rugosa	H	Horizontal (0° a 10°)	R1	90 a 100 (Excelente)
A2	Rocha Pouco Alterada	C2	Rocha Coerente	F2	1 a 5 (Pouco Fraturada)	D2	Contato rocha-rocha, presença de material pétreo rijo Ca-calcita; Si-Sílica			SH	Subhorizontal (10° a 20°)	R2	75 a 90 (Boa)
A3	Rocha Medianamente Alterada	C3	Rocha Medianamente Coerente	F3	6 a 10 (Medianamente Fraturada)	D3	Paredes com alteração incipiente, sinais de percolação de água, preenchimento ausente	S2	Lisa	I	Inclinada (20° a 70°)	R3	50 a 75 (Regular)
A4	Rocha Muito Alterada	C4	Rocha Pouco Coerente	F4	11 a 20 (Muito Fraturada)	D4	Paredes alteradas, preenchimento ausente			SV	Subvertical (70° a 80°)	R4	25 a 50 (Pobre)
A5	Rocha Extremamente Alterada	C5	Rocha Friável	F5	>20 (Fragmentada)	D5	Paredes alteradas, com preenchimento. ag1-preenchimento argiloso com 1mm. gr10 - preenchimento granular com 10mm.	S3	Estriada	V	Vertical (80° a 90°)	R5	0 a 25 (Muito Pobre)

MEDIDAS DE NÍVEL D'ÁGUA

Data	Hora	Profundidade da sondagem	Posição do revestimento	N.A
14/10/17	07:01	11,55 m	3,20 m	7,74 m
24/10/17	08:05	26,78 m	3,20 m	1,80 m

OBSERVAÇÕES:

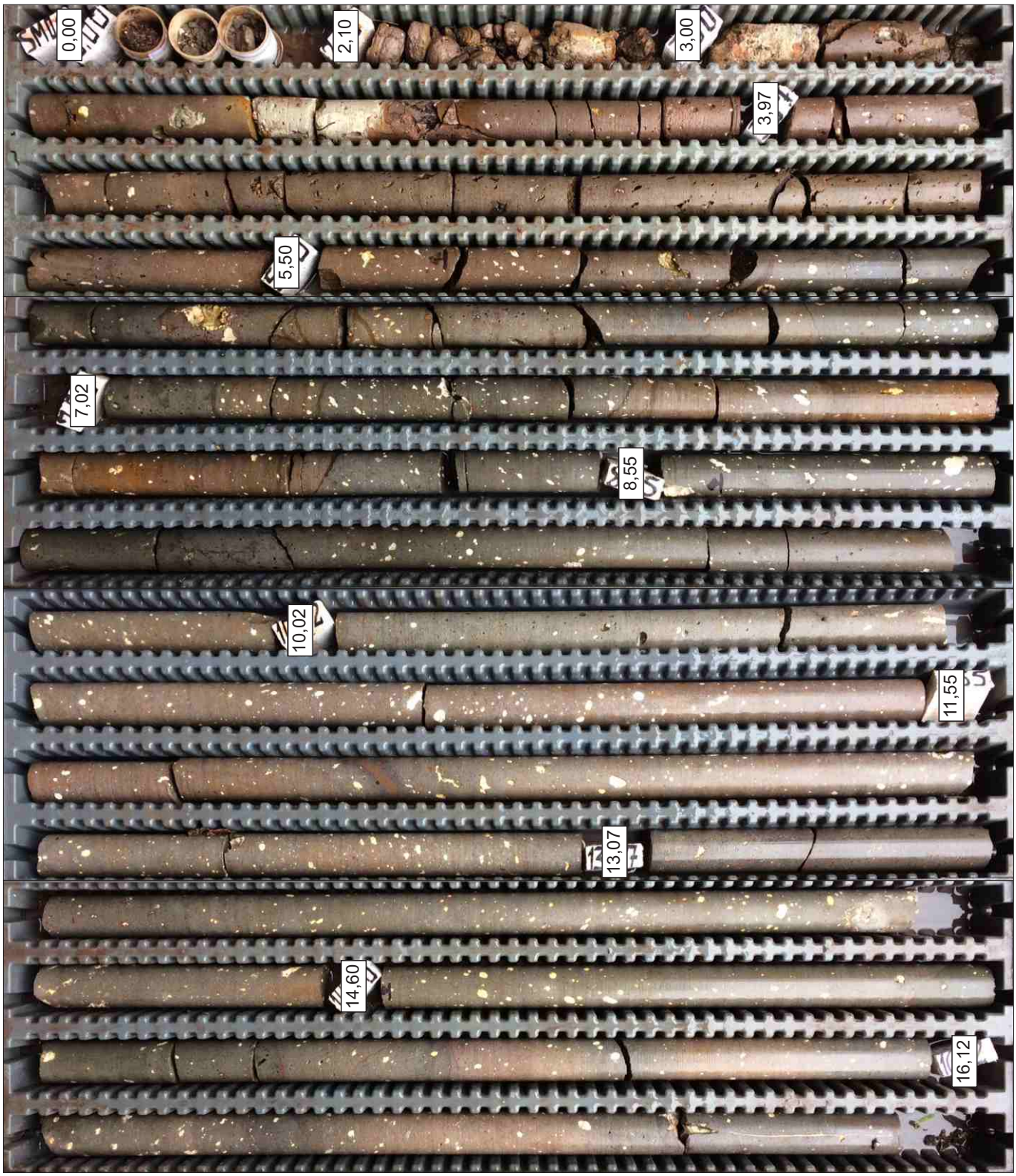
*SS - Solo Superficial

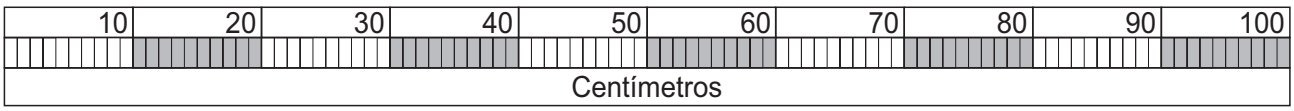
*SAR - Solo de Alteração de Rocha

*Preenchimento D2 - Contato rocha-rocha com presença de material pétreo rijo (quartzo, calcita e/ou zeólitas)

NOTA IMPORTANTE:	RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:	FOLHA:
O resultado desta sondagem tem significado restrito e se aplica somente ao ponto sondado, não devendo ser extrapolado.	Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro		2/2
	DESENHADO POR: Gustavo Marques	DATA: 04/12/17		

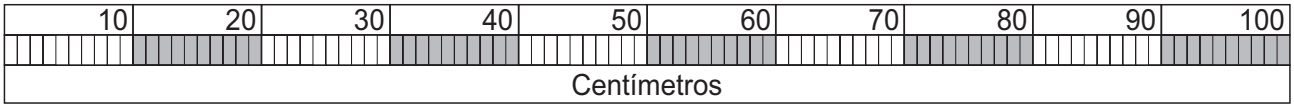
DAMASCO PENNA engenharia geotécnica	CLIENTE:	SONDAGEM: SR-06
	OBRA:	
	LOCAL: Piraju - SP	PROF. DA SONDAGEM: 26,78 m / FOLHA: 1/2





RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:
Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro	

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica	CLIENTE:	SONDAGEM: SR-06
	OBRA:	
	LOCAL: Piraju - SP	PROF. DA SONDAGEM: 26,78 m / FOLHA: 2/2



RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:
Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro	

DAMASCO PENNA RESP. TÉCNICO A.S. DAMASCO PENNA ISO-9.001 I ISO-14.001 I OHSAS-18.001	CLIENTE: - OBRA: - LOCAL: PIRAJU - SP		SONDAGEM: **SR-07**
	DATA INÍCIO: 17/10/17 DATA TÉRMINO: 21/10/17	INCLINAÇÃO: VERTICAL RUMO:	COORDENADAS N: E:
	COTA DO TERRENO:	PROF. DA SONDAGEM: 11,32 m	

DIÂMETRO DO FURO	REVESTIMENTO	NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE	COTAS (COTA DA SUPERFÍCIE 497,892)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CLASS. GEOLÓGICA	PERFIL GEOLÓGICO	SPT
NQ	1,00		0,50	497,392	ARGILA ARENOSA (AREIA FINA), MARROM	SR		
			0,76	497,132	TRAQUIDACITO, CINZA E MARROM, VESICULADO A AMIGDALOIDAL, AFANÍTICO A FANERÍTICO FINO (GRANULAR), COM AMÍGDALAS PREENCHIDAS POR QUARZTO, CALCITA E/OU ZEÓLITAS	ROCHA ÍGNEA		
			1,08	496,812				
			2,42	495,472				
			3,95	493,942				
			5,47	492,422				
		7,24 (23/10/17)	7,00	490,892				
				490,652				
			8,52	489,372				
			9,85	488,042				
			11,32	486,572				
					Sondagem terminada com 11,32 m.			

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO SPT

ALTERAÇÃO	COERÊNCIA	FRATURAMENTO	PREENCHIMENTO	SUPERFÍCIE	INCLINAÇÃO	RECUPERAÇÃO (%)	R Q D (%)
A1	C1	F2 (2)	D4/D3	S1	I/SH	77, 88, 99	R5 (0), R5 (0), R3 (66)
						100	R1 (95)
		F1 (0)	-	-	-	100	R1 (100)
		F2 (1)	D2	S1	I	96	R1 (96)
		F1 (0)	-	-	-	100	R1 (100)
		F2 (2)	D1	S1	SH	100	R1 (100)
						100	R1 (100)

ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA E INFILTRAÇÃO

TRECHO DO ENSAIO (m)	CARGA EFETIVA (kgf/cm2)	PERDA D'AGUA ESPECÍFICA (l/min/m/kgf/cm2)	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA
1,50	0,400	27,949	H5
	0,647	26,547	
	0,974	23,365	
	0,648	26,246	
	0,401	26,924	
4,50	0,725	0,000	H2
	1,375	0,000	
	2,125	0,220	
	1,375	0,000	
	0,725	0,000	
7,50	0,849	0,000	H3
	1,862	2,274	
	2,996	0,579	
	1,879	0,319	
10,50	0,849	0,000	

GRAU DE ALTERAÇÃO		GRAU DE COERÊNCIA		GRAU DE FRATURAMENTO		PREENCHIMENTO DE DESCONTINUIDADES	
A1	Rocha Sã	C1	Rocha Muito Coerente	F1	<1 (Ocasionalmente Fraturada)	D1	Contato rocha-rocha, paredes sãs
A2	Rocha Pouco Alterada	C2	Rocha Coerente	F2	1 a 5 (Pouco Fraturada)	D2	Contato rocha-rocha, presença de material pétreo rijo Ca-calcita; Si-Sílica
A3	Rocha Medianamente Alterada	C3	Rocha Medianamente Coerente	F3	6 a 10 (Medianamente Fraturada)	D3	Paredes com alteração incipiente, sinais de percolação de água, preenchimento ausente
A4	Rocha Muito Alterada	C4	Rocha Pouco Coerente	F4	11 a 20 (Muito Fraturada)	D4	Paredes alteradas, preenchimento ausente
A5	Rocha Extremamente Alterada	C5	Rocha Friável	F5	>20 (Fragmentada)	D5	Paredes alteradas, com preenchimento. ag1-preenchimento argiloso com 1mm. gr10 - preenchimento granular com 10mm.

SUPERFÍCIE		INCLINAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES		RQD (%)	
S1	Rugosa	H	Horizontal (0° a 10°)	R1	90 a 100 (Excelente)
S2	Lisa	SH	Subhorizontal (10° a 20°)	R2	75 a 90 (Boa)
S3	Estriada	I	Inclinada (20° a 70°)	R3	50 a 75 (Regular)
		SV	Subvertical (70° a 80°)	R4	25 a 50 (Pobre)
		V	Vertical (80° a 90°)	R5	0 a 25 (Muito Pobre)

MEDIDAS DE NÍVEL D'ÁGUA

Data	Hora	Profundidade da sondagem	Posição do revestimento	N.A
18/10/17	07:10	3,95 m	1,00 m	SECO
21/10/17	14:10	8,52 m	1,00 m	6,80 m
23/10/17	09:10	11,32 m	1,00 m	7,24 m

OBSERVAÇÕES:

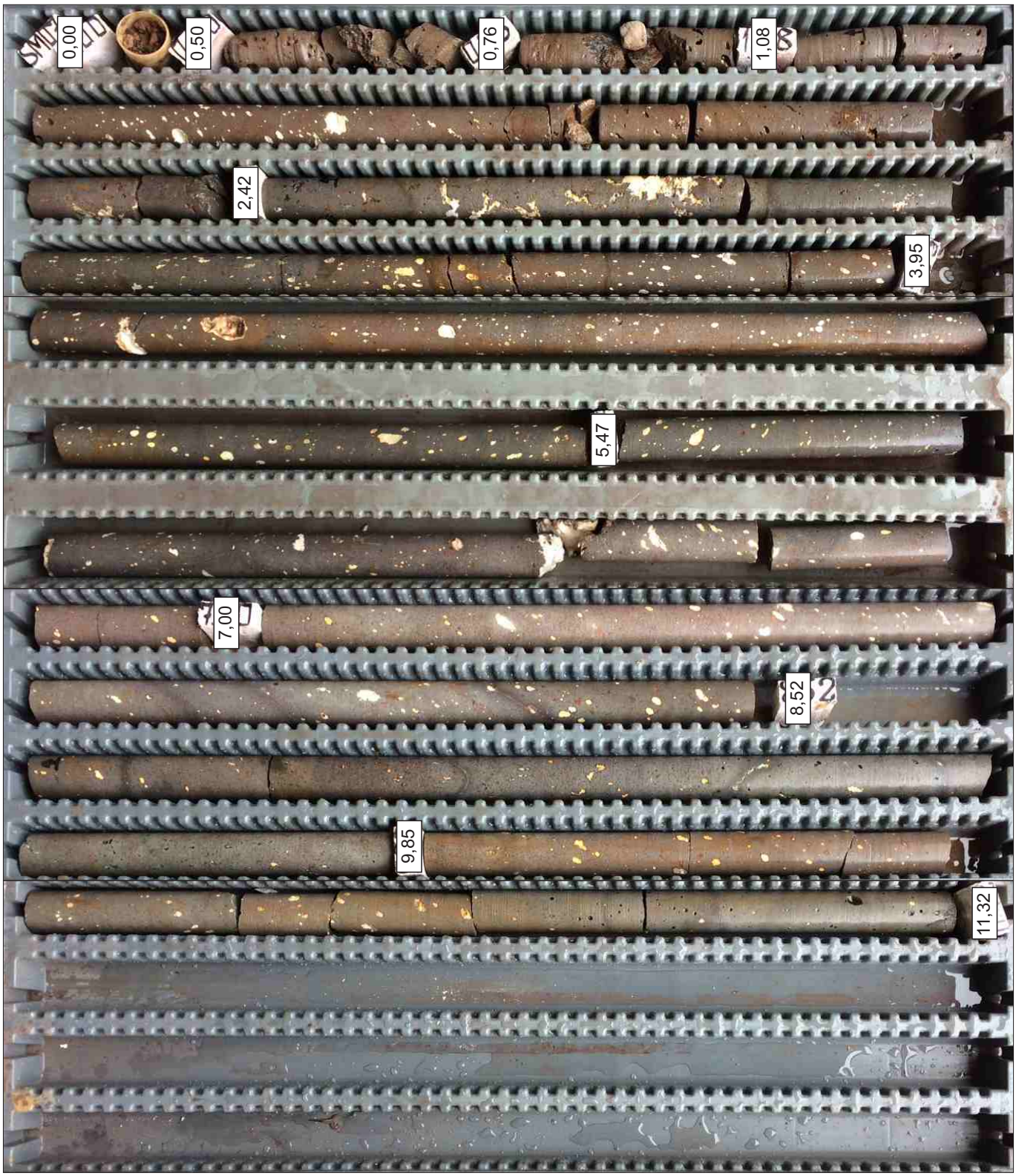
*Perda d'agua com 3,25m.

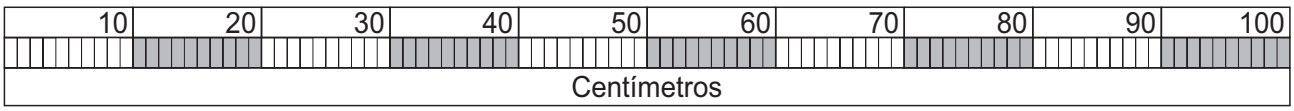
*SR - Solo Residual

*Preenchimento D2 - Contato rocha-rocha com presença de material pétreo rijo (quartzo, calcita e/ou zeólitas)

NOTA IMPORTANTE:	RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:	FOLHA:
O resultado desta sondagem tem significado restrito e se aplica somente ao ponto sondado, não devendo ser extrapolado.	Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro		1/1
	DESENHADO POR: Giovanna Inglada	DATA: 04/12/17		

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica	CLIENTE:	SONDAGEM: SR-07
	OBRA:	
	LOCAL: Piraju - SP	PROF. DA SONDAGEM: 11,32 m / FOLHA: 1/1





RESPONSÁVEL TÉCNICO: Antônio Sérgio Damasco Penna	GEÓLOGO RESPONSÁVEL: Marcelo José Pironi Teodoro	RELATÓRIO:

DAMASCO PENNA RESP. TÉCNICO A.S. DAMASCO PENNA ISO-9.001 I ISO-14.001 I OHSAS-18.001	CLIENTE: - OBRA: - LOCAL: PIRAJU - SP		SONDAGEM: **SR-08**
	DATA INÍCIO: 20/10/17 DATA TÉRMINO: 21/10/17	INCLINAÇÃO: VERTICAL RUMO:	COORDENADAS N: E:
	COTA DO TERRENO:	PROF. DA SONDAGEM: 31,43 m	

DIÂMETRO DO FURO	REVESTIMENTO	NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE	COTAS (COTA DA SUPERFÍCIE 496,078)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CLASS. GEOLÓGICA	PERFIL GEOLÓGICO	SPT
NQ	1,52	3,54 (24/10/17)	0,20	495,878	PISO DE CONCRETO	SR		
			1,14	494,938	AREIA FINA A MÉDIA SILTOSA, MARROM, MUITO COMPACTA			30/14
			2,45	493,628	TRAQUIDACITO, CINZA E MARROM (CINZA ESCURO NO INTERVALO DE 26,75m a 27,50m), VESICULADO A AMIGDALOIDAL, AFANÍTICO A FANERÍTICO FINO (GRANULAR), COM AMÍGDALAS PREENCHIDAS POR QUARZTO, CALCITA E/OU ZEÓLITAS	ROCHA ÍGNEA		
			3,98	492,098				
			5,50	490,578				
			7,03	489,048				
			8,55	487,528				
			10,08	485,998				
			11,60	484,478				
			13,13	482,948				
			14,65	481,428				
			16,18	479,898				
			17,70	478,378				
			19,23	476,848				
			20,75	475,328				
			22,28	473,798				
			23,80	472,278				

REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO SPT

ALTERAÇÃO	COERÊNCIA	FRATURAMENTO	PREENCHIMENTO	SUPERFÍCIE	INCLINAÇÃO	RECUPERAÇÃO (%)	R Q D (%)	TRECHO DO ENSAIO (m)
						93	R3 (73)	2,02
		F2 (3)	D3/D4/D2	S1	I/SH	100	R1 (97)	
						100	R1 (93)	5,02
						100	R1 (100)	
						100	R1 (100)	8,02
		F1 (0)	-	-	-	100	R1 (100)	
						100	R1 (100)	11,02
A1	C1	F2 (2)	D4	S1	I	100	R1 (100)	
		F1 (0)	-	-	-	100	R1 (100)	14,02
						89	R2 (89)	
		F2 (1)	D4/D2	S1	I	100	R1 (100)	17,02
		F1 (0)	-	-	-	100	R1 (100)	
						100	R1 (100)	20,02
		F2 (2)	D3			100	R1 (100)	
				S1	I	100	R1 (100)	23,02
		F2 (1)	D1/D3			100	R1 (100)	

ENSAIOS DE PERDA D'ÁGUA E INFILTRAÇÃO

CARGA EFETIVA (kgf/cm2)	PERDA D'ÁGUA ESPECÍFICA (l/min/m/kgf/cm2)	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA
0,459	17,873	H5
0,781	14,844	
1,182	14,469	
0,771	17,112	
0,460	17,094	
0,479	0,000	H1
1,199	0,000	
2,009	0,000	
1,199	0,000	
0,479	0,000	
0,479	0,000	H1
1,569	0,000	
2,759	0,000	
1,569	0,000	
0,479	0,000	
0,479	0,000	H3
1,949	0,000	
3,480	1,312	
1,930	1,882	
0,479	0,000	
0,479	0,000	H3
2,319	0,000	
4,259	0,023	
2,283	1,971	
0,479	0,000	
0,479	0,000	H1
2,699	0,000	
5,009	0,000	
2,699	0,000	
0,479	0,000	H1
0,479	0,000	
3,069	0,000	
5,759	0,000	
3,069	0,000	
0,479	0,000	H2
0,479	0,000	
3,440	0,484	
6,496	0,313	

GRAU DE ALTERAÇÃO		GRAU DE COERÊNCIA		GRAU DE FRATURAMENTO		PREENCHIMENTO DE DESCONTINUIDADES		SUPERFÍCIE		INCLINAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES		RQD (%)	
A1	Rocha Sã	C1	Rocha Muito Coerente	F1	<1 (Ocasionalmente Fraturada)	D1	Contato rocha-rocha, paredes sãs	S1	Rugosa	H	Horizontal (0° a 10°)	R1	90 a 100 (Excelente)
A2	Rocha Pouco Alterada	C2	Rocha Coerente	F2	1 a 5 (Pouco Fraturada)	D2	Contato rocha-rocha, presença de material pétreo rijo Ca-calcita; Si-Sílica			SH	Subhorizontal (10° a 20°)	R2	75 a 90 (Boa)
A3	Rocha Medianamente Alterada	C3	Rocha Medianamente Coerente	F3	6 a 10 (Medianamente Fraturada)	D3	Paredes com alteração incipiente, sinais de percolação de água, preenchimento ausente	S2	Lisa	I	Inclinada (20° a 70°)	R3	50 a 75 (Regular)
A4	Rocha Muito Alterada	C4	Rocha Pouco Coerente	F4	11 a 20 (Muito Fraturada)	D4	Paredes alteradas, preenchimento ausente			SV	Subvertical (70° a 80°)	R4	25 a 50 (Pobre)
A5	Rocha Extremamente Alterada	C5	Rocha Friável	F5	>20 (Fragmentada)	D5	Paredes alteradas, com preenchimento. ag1-preenchimento argiloso com 1mm. gr10 - preenchimento granular com 10mm.	S3	Estriada	V	Vertical (80° a 90°)	R5	0 a 25 (Muito Pobre)

MEDIDAS DE NÍVEL D'ÁGUA

Data	Hora	Profundidade da sondagem	Posição do revestimento	N.A
21/10/17	07:30	16,18 m	1,52 m	3,44 m
24/10/17	08:00	31,43 m	1,52 m	3,54 m

OBSERVAÇÕES:

*SR - Solo Residual

*Preenchimento D2 - Contato rocha-rocha com presença de material pétreo rijo (quartzo, calcita e/ou zeólitas)

NOTA IMPORTANTE: O resultado desta sondagem tem significado restrito e se aplica somente ao ponto sondado, não devendo ser extrapolado.	RESPONSÁVEL TÉCNICO: Antônio Sérgio Damasco Penna DESENHADO POR: Giovanna Inglada	GEÓLOGO RESPONSÁVEL: Marcelo José Pironi Teodoro DATA: 04/12/17	RELATÓRIO: FOLHA: 1/2

DAMASCO PENNA	CLIENTE: -		SONDAGEM: SR-08
	OBRA: -		
	LOCAL: PIRAJU - SP		
RESP. TÉCNICO A.S. DAMASCO PENNA	DATA INÍCIO: 20/10/17	INCLINAÇÃO: VERTICAL	COORDENADAS N:
ISO-9.001 I ISO-14.001 I OHSAS-18.001	DATA TÉRMINO: 21/10/17	RUMO:	E:
COTA DO TERRENO:	PROF. DA SONDAGEM: 31,43 m		

DIÂMETRO DO FURO	REVESTIMENTO	NÍVEL D'ÁGUA	PROFUNDIDADE	COTAS (COTA DA SUPERFÍCIE 496,078)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CLASS. GEOLÓGICA	PERFIL GEOLÓGICO	SPT	ALTERAÇÃO	COERÊNCIA	FRATURAMENTO	PREENCHIMENTO	SUPERFÍCIE	INCLINAÇÃO	RECUPERAÇÃO (%)	R Q D (%)	TRECHO DO ENSAIO (m)	CARGA EFETIVA (kgf/cm2)	PERDA D'AGUA ESPECÍFICA (lm/min/kgf/cm2)	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA
NQ			25,33	470,748	TRAQUIDACITO, CINZA E MARROM (CINZA ESCURO NO INTERVALO DE 26,75m a 27,50m), VESICULADO A AMIGDALOIDAL, AFANÍTICO A FANERÍTICO FINO (GRANULAR), COM AMÍGDALAS PREENCHIDAS POR QUARZTO, CALCITA E/OU ZEÓLITAS	ROCHA ÍGNEA			A1	C1	F2 (1)	D1/D3	S1	I	100	R1(100)	26,02	3,441	0,455	H2
			26,85	469,228											100	R1 (100)		0,479	0,000	
																		0,479	0,000	H3
											F2 (2)	D5ag1/ D4		V/I	100	R2 (82)		3,798	0,649	
																		7,220	0,471	
			28,38	467,698														3,754	1,190	
																		0,479	0,000	
											F2 (1)	D1		SH	100	R1 (100)	29,02	0,479	0,000	H3
			29,90	466,178														4,087	0,163	
																		7,777	0,231	
															100	R1 (100)		3,982	1,389	
			31,43	464,648													31,15	0,477	1,327	
					Sondagem terminada com 31,43 m.															

GRAU DE ALTERAÇÃO		GRAU DE COERÊNCIA		GRAU DE FRATURAMENTO		PREENCHIMENTO DE DESCONTINUIDADES		SUPERFÍCIE		INCLINAÇÃO DAS DESCONTINUIDADES		RQD (%)	
A1	Rocha Sã	C1	Rocha Muito Coerente	F1	<1 (Ocasionalmente Fraturada)	D1	Contato rocha-rocha, paredes sãs	S1	Rugosa	H	Horizontal (0° a 10°)	R1	90 a 100 (Excelente)
A2	Rocha Pouco Alterada	C2	Rocha Coerente	F2	1 a 5 (Pouco Fraturada)	D2	Contato rocha-rocha, presença de material pétreo rijo Ca-calcita; Si-Sílica			SH	Subhorizontal (10° a 20°)	R2	75 a 90 (Boa)
A3	Rocha Medianamente Alterada	C3	Rocha Medianamente Coerente	F3	6 a 10 (Medianamente Fraturada)	D3	Paredes com alteração incipiente, sinais de percolação de água, preenchimento ausente	S2	Lisa	I	Inclinada (20° a 70°)	R3	50 a 75 (Regular)
A4	Rocha Muito Alterada	C4	Rocha Pouco Coerente	F4	11 a 20 (Muito Fraturada)	D4	Paredes alteradas, preenchimento ausente			SV	Subvertical (70° a 80°)	R4	25 a 50 (Pobre)
A5	Rocha Extremamente Alterada	C5	Rocha Friável	F5	>20 (Fragmentada)	D5	Paredes alteradas, com preenchimento. ag1-preenchimento argiloso com 1mm. gr10 - preenchimento granular com 10mm.	S3	Estriada	V	Vertical (80° a 90°)	R5	0 a 25 (Muito Pobre)

MEDIDAS DE NÍVEL D'ÁGUA

Data	Hora	Profundidade da sondagem	Posição do revestimento	N.A
21/10/17	07:30	16,18 m	1,52 m	3,44 m
24/10/17	08:00	31,43 m	1,52 m	3,54 m

OBSERVAÇÕES:

*SR - Solo Residual

*Preenchimento D2 - Contato rocha-rocha com presença de material pétreo rijo (quartzo, calcita e/ou zeólitas)

NOTA IMPORTANTE:	RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:	FOLHA:
O resultado desta sondagem tem significado restrito e se aplica somente ao ponto sondado, não devendo ser extrapolado.	Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro		2/2
	DESENHADO POR: Giovanna Inglada	DATA: 04/12/17		

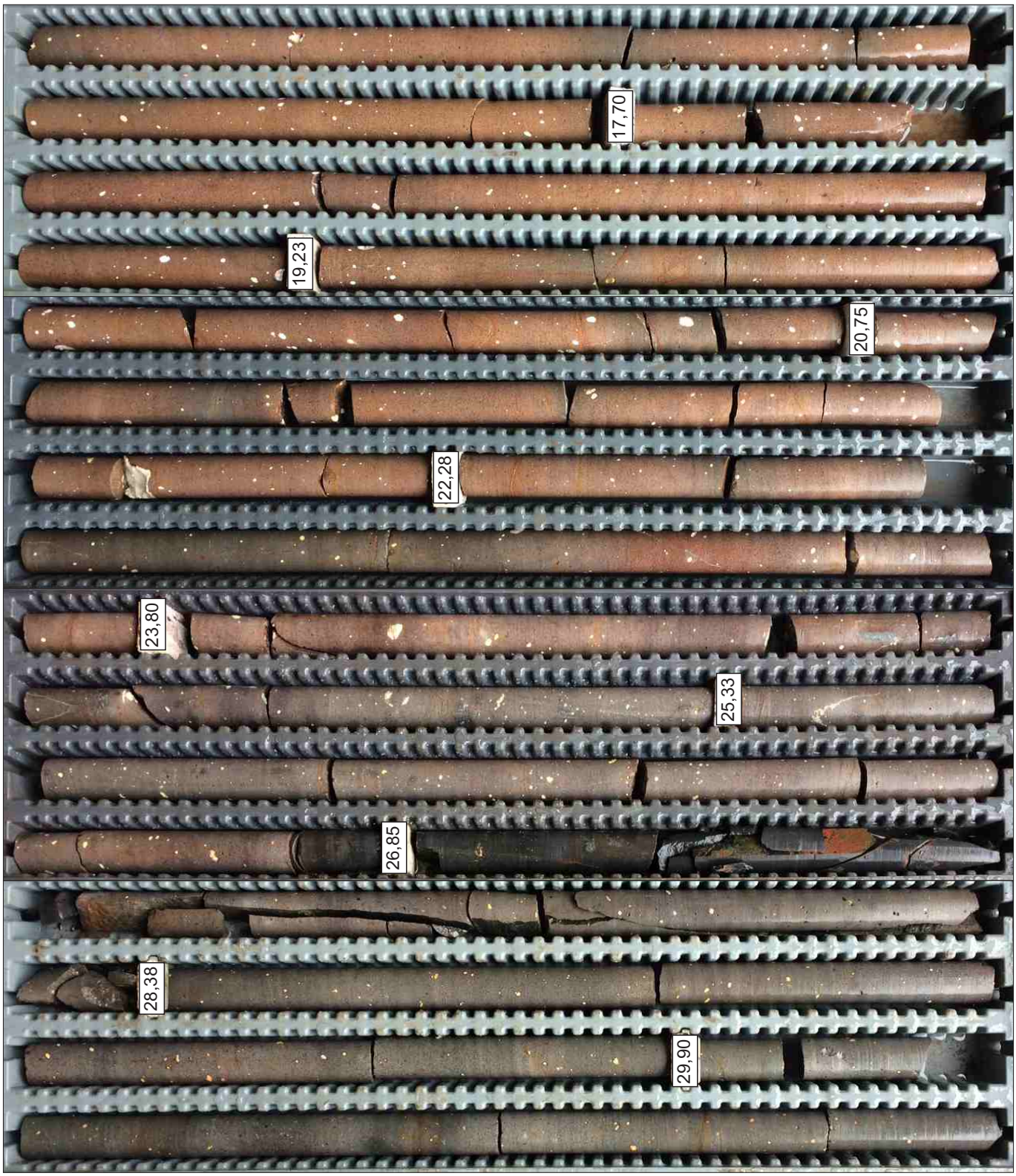
DAMASCO PENNA engenharia geotécnica	CLIENTE:	SONDAGEM: SR-08
	OBRA:	
	LOCAL: Piraju - SP	PROF. DA SONDAGEM: 31,43 m / FOLHA: 1/3

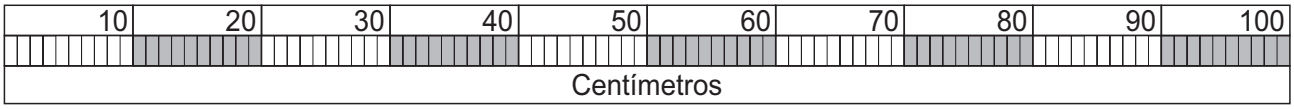
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Centímetros

RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:
Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro	

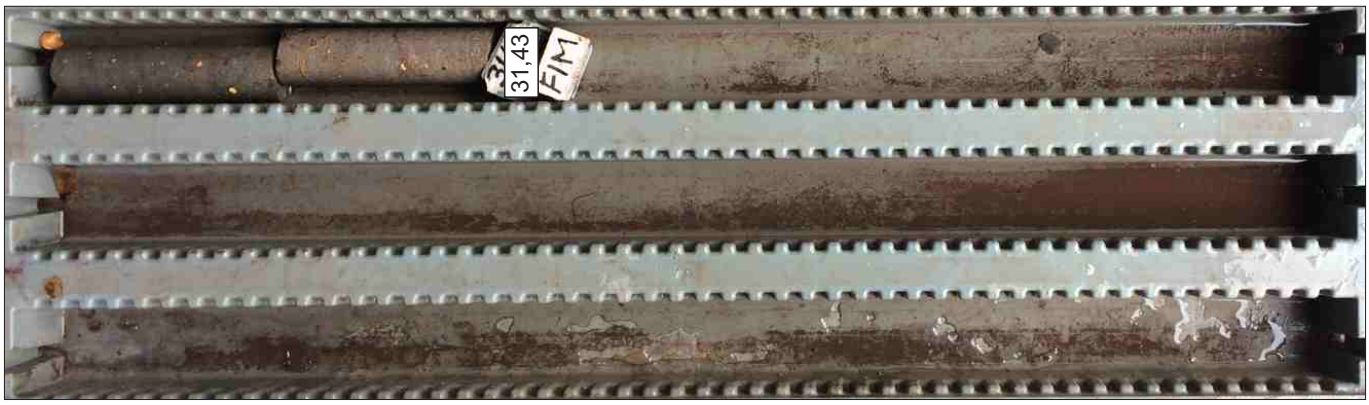
DAMASCO PENNA engenharia geotécnica	CLIENTE:	SONDAGEM: SR-08
	OBRA:	
	LOCAL: Piraju - SP	PROF. DA SONDAGEM: 31,43 m / FOLHA: 2/3

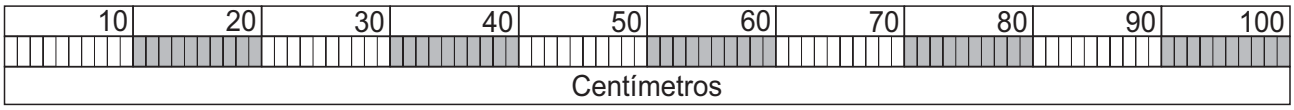




RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:
Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro	

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica	CLIENTE:	SONDAGEM: SR-08
	OBRA:	
	LOCAL: Piraju - SP	PROF. DA SONDAGEM: 31,43 m / FOLHA: 3/3





RESPONSÁVEL TÉCNICO:	GEÓLOGO RESPONSÁVEL:	RELATÓRIO:
Antônio Sérgio Damasco Penna	Marcelo José Pironi Teodoro	

ANEXO B

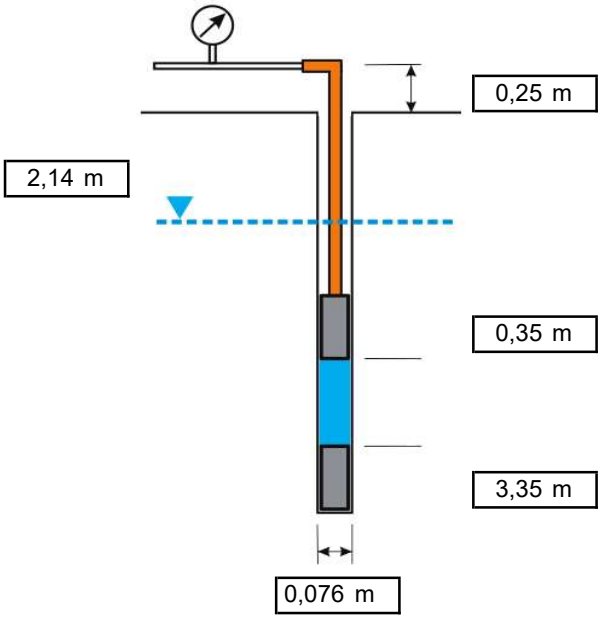
Resultados dos Ensaios de Perda d’Água

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-01
Ensaio Nº : 1
Data : 09/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
0,35 m a 3,35 m	3,00 m	0,076 m

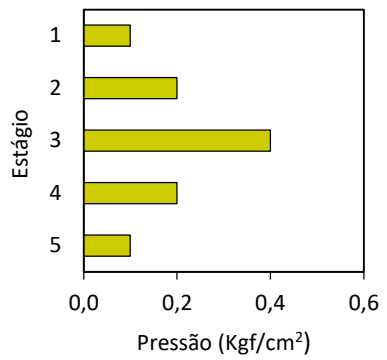
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	0,60 m	0,25 m

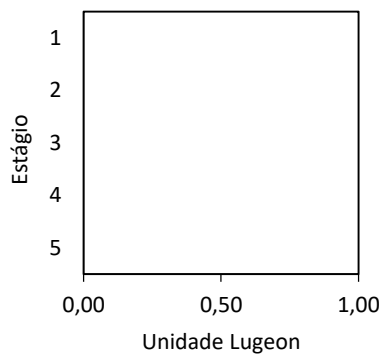
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
2,14 m	2,10 m	NÃO

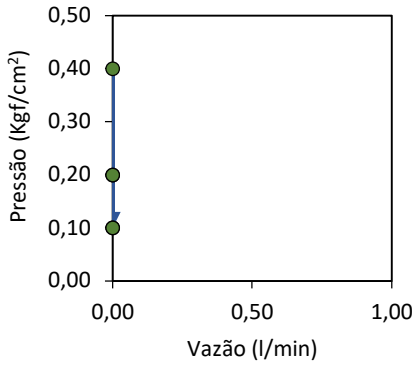
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ACIMA DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,310	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	0,410	0,000	0,000	0,000E+00	H1
3º	0,000	0,610	0,000	0,000	0,000E+00	H1
4º	0,000	0,410	0,000	0,000	0,000E+00	H1
5º	0,000	0,310	0,000	0,000	0,000E+00	H1







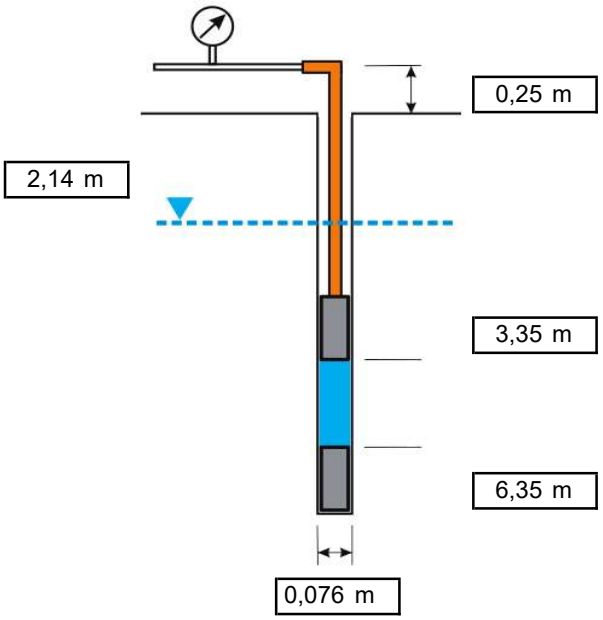
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-01
Ensaio Nº : 2
Data : 09/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
3,35 m a 6,35 m	3,00 m	0,076 m

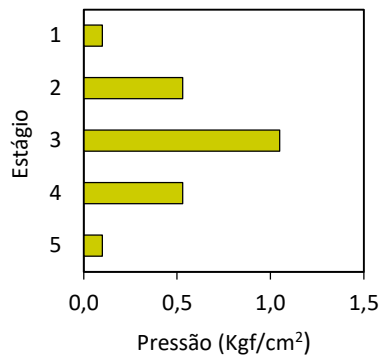
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	3,60 m	0,25 m

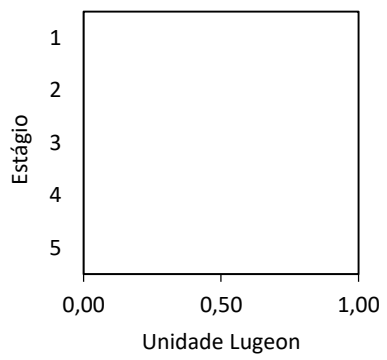
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
2,14 m	2,39 m	NÃO

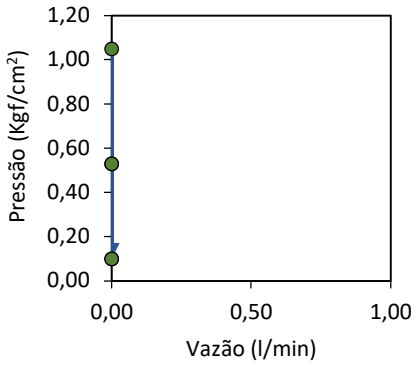
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,050	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,339	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	0,769	0,000	0,000	0,000E+00	H1
3º	0,000	1,289	0,000	0,000	0,000E+00	H1
4º	0,000	0,769	0,000	0,000	0,000E+00	H1
5º	0,000	0,339	0,000	0,000	0,000E+00	H1







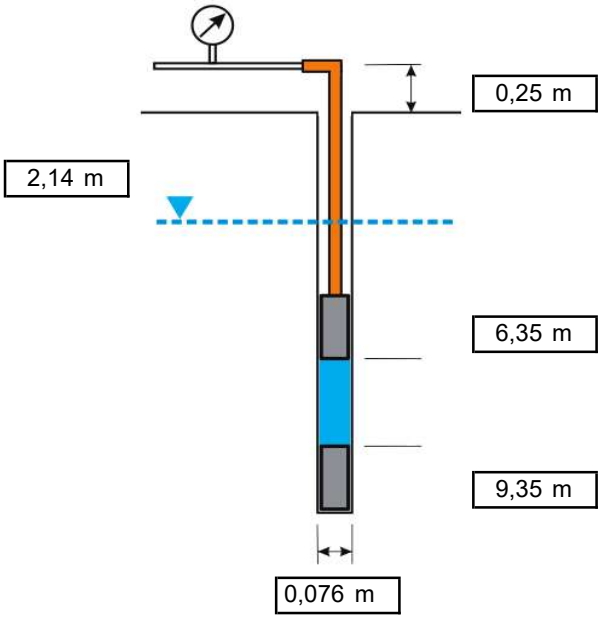
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-01
Ensaio Nº : 3
Data : 09/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
6,35 m a 9,35 m	3,00 m	0,076 m

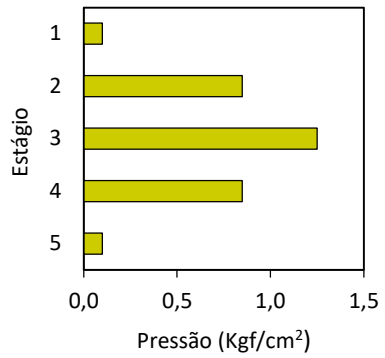
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	6,60 m	0,25 m

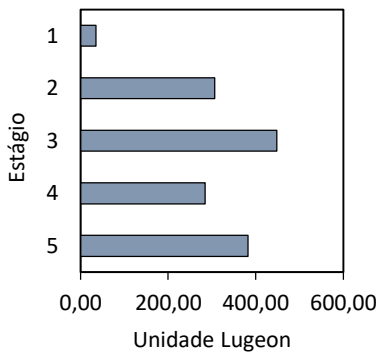
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
2,14 m	2,39 m	NÃO

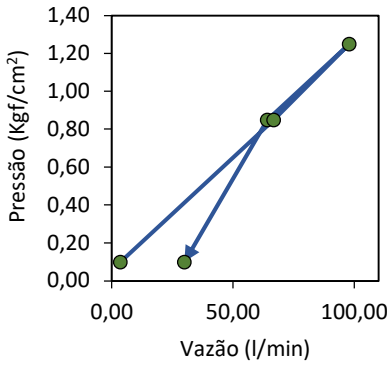
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	4	3	4	3	4	4	3	4	3	4	3,600	1,200
0,850	67	67	64	67	68	66	67	67	68	67	66,800	22,267
1,250	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98,000	32,667
0,850	65	64	53	75	64	64	64	65	64	64	64,200	21,400
0,100	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30,000	10,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,001	0,338	3,553	35,535	3,715E-04	H4
2º	0,363	0,726	30,690	306,904	3,209E-03	H5
3º	0,761	0,728	44,881	448,812	4,692E-03	H5
4º	0,337	0,752	28,446	284,455	2,974E-03	H5
5º	0,078	0,261	38,260	382,597	4,000E-03	H5







Observações

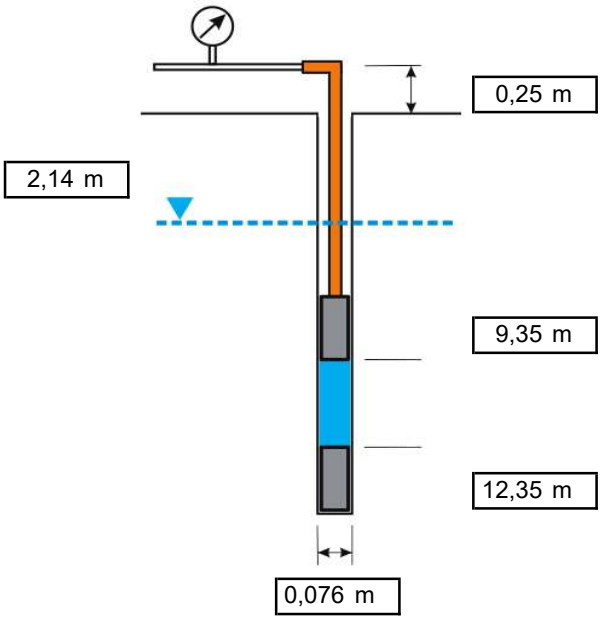
*Não foi possível executar a pressão máxima de 1,70 Kgf/cm², pois atingiu a vazão máxima da bomba com 1,25 Kgf/cm².

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-01
Ensaio Nº : 4
Data : 10/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
9,35 m a 12,35 m	3,00 m	0,076 m

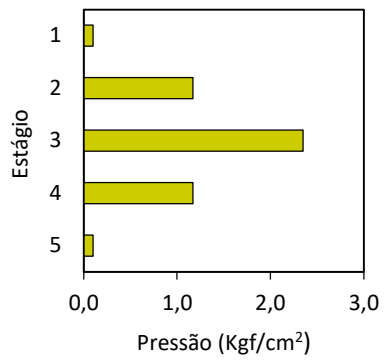
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	9,60 m	0,25 m

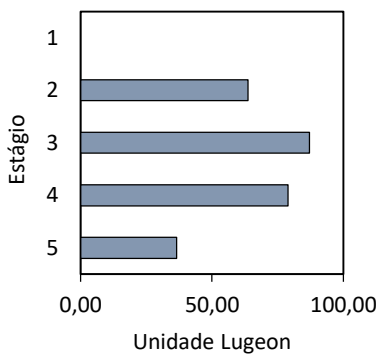
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
2,14 m	2,39 m	NÃO

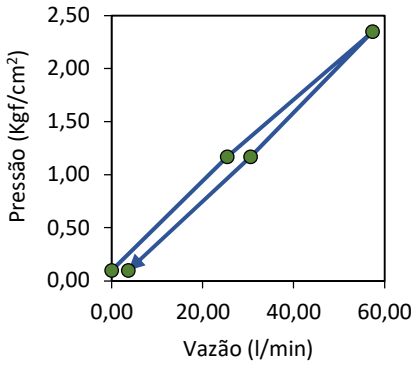
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,170	23	24	25	25	25	26	26	27	26	27	25,400	8,467
2,350	57	64	60	58	56	56	56	57	55	55	57,400	19,133
1,170	32	30	31	31	30	31	30	31	30	30	30,600	10,200
0,100	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3,700	1,233

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,339	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,082	1,327	6,380	63,799	6,670E-04	H4
3º	0,395	2,194	8,719	87,193	9,116E-04	H4
4º	0,117	1,292	7,897	78,966	8,256E-04	H4
5º	0,002	0,337	3,660	36,597	3,826E-04	H4







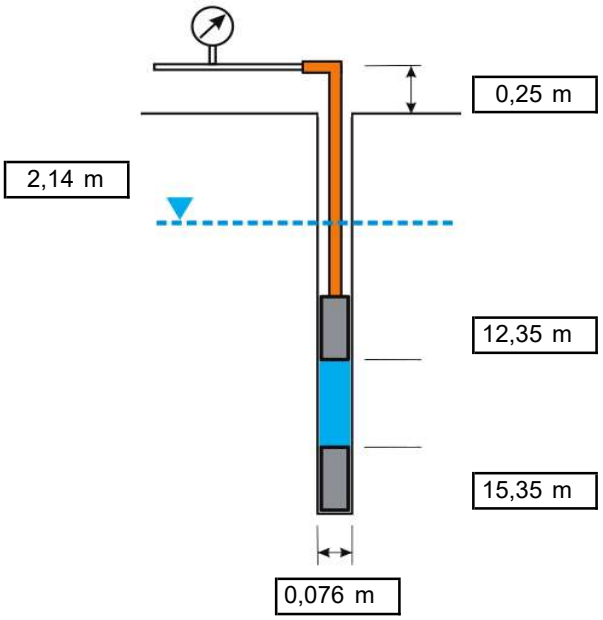
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-01
Ensaio Nº : 5
Data : 10/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
12,35 m a 15,35 m	3,00 m	0,076 m

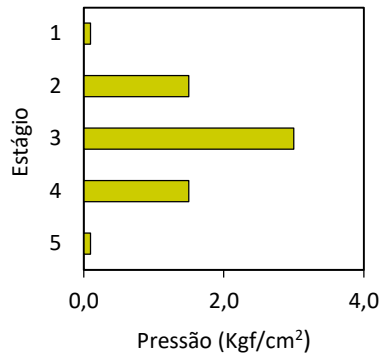
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	12,60 m	0,25 m

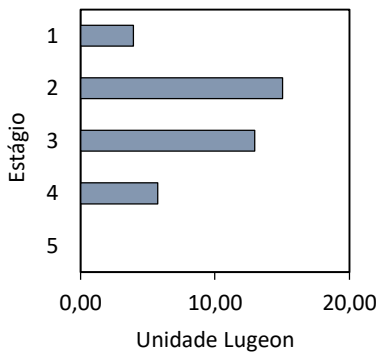
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
2,14 m	2,39 m	NÃO

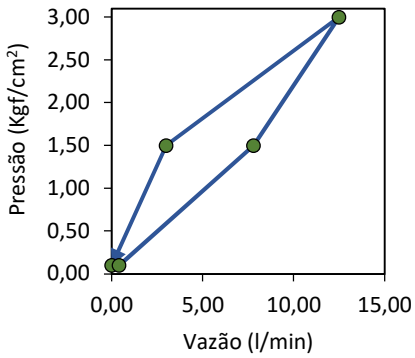
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0,400	0,133
1,500	8	8	9	9	8	8	7	7	7	7	7,800	2,600
3,000	12	14	11	14	13	13	13	12	11	12	12,500	4,167
1,500	3	4	3	3	3	3	3	3	2	3	3,000	1,000
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,339	0,393	3,934	4,113E-05	H2
2º	0,011	1,728	1,505	15,047	1,573E-04	H3
3º	0,027	3,212	1,297	12,974	1,356E-04	H3
4º	0,002	1,737	0,576	5,756	6,018E-05	H2
5º	0,000	0,339	0,000	0,000	0,000E+00	H1







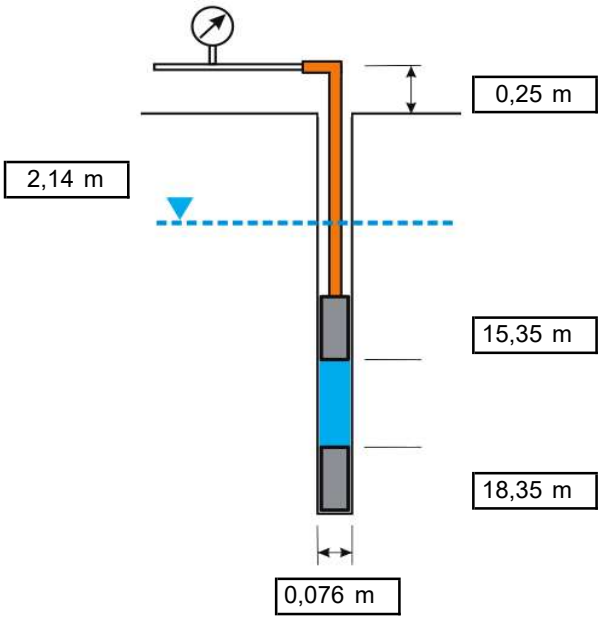
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-01
Ensaio Nº : 6
Data : 10/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
15,35 m a 18,35 m	3,00 m	0,076 m

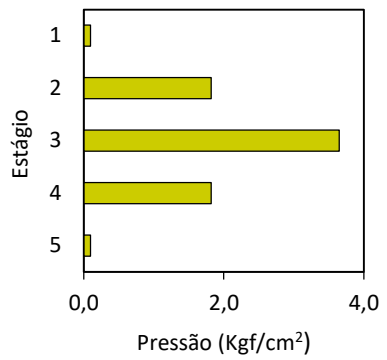
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	15,60 m	0,25 m

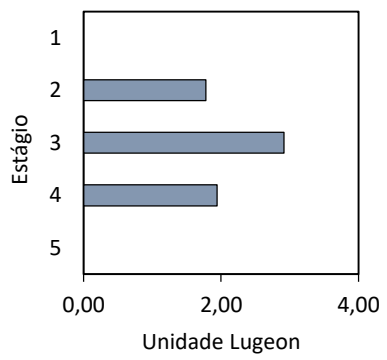
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
2,14 m	2,39 m	NÃO

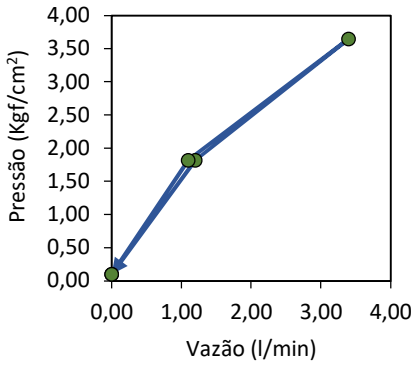
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,820	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1,100	0,367
3,650	4	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3,400	1,133
1,820	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1,200	0,400
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,339	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	2,059	0,178	1,781	1,862E-05	H2
3º	0,003	3,886	0,292	2,916	3,049E-05	H2
4º	0,000	2,059	0,194	1,943	2,031E-05	H2
5º	0,000	0,339	0,000	0,000	0,000E+00	H1







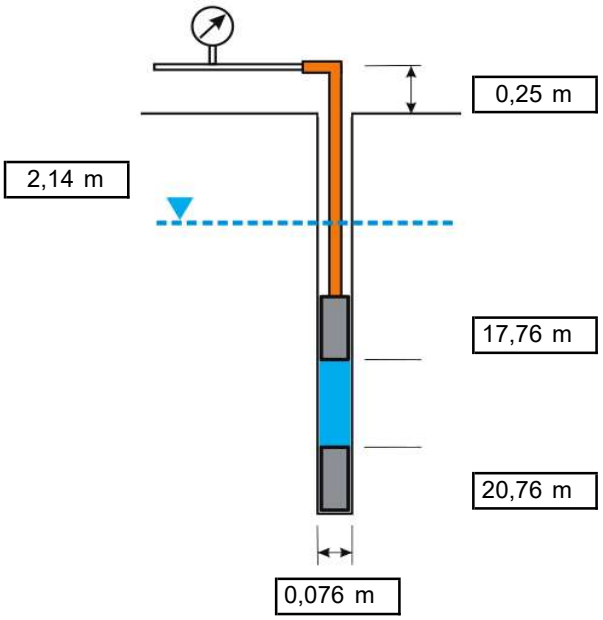
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-01
Ensaio Nº : 7
Data : 10/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
17,76 m a 20,76 m	3,00 m	0,076 m

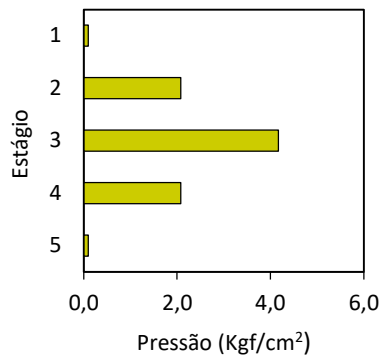
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	18,01 m	0,25 m

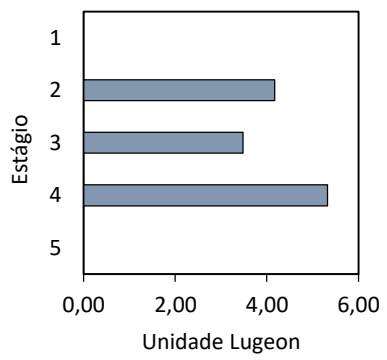
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
2,14 m	2,39 m	NÃO

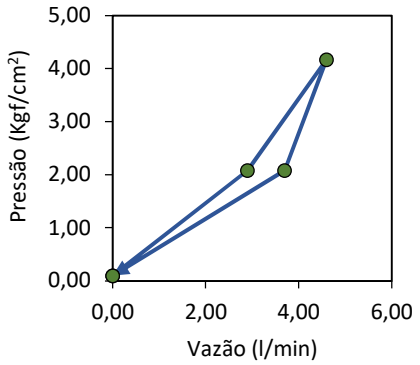
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
2,080	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2,900	0,967
4,170	3	4	5	6	6	4	6	5	4	3	4,600	1,533
2,080	7	6	6	5	4	5	4	0	0	0	3,700	1,233
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,339	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,002	2,317	0,417	4,173	4,363E-05	H2
3º	0,006	4,403	0,348	3,482	3,641E-05	H2
4º	0,004	2,315	0,533	5,327	5,569E-05	H2
5º	0,000	0,339	0,000	0,000	0,000E+00	H1







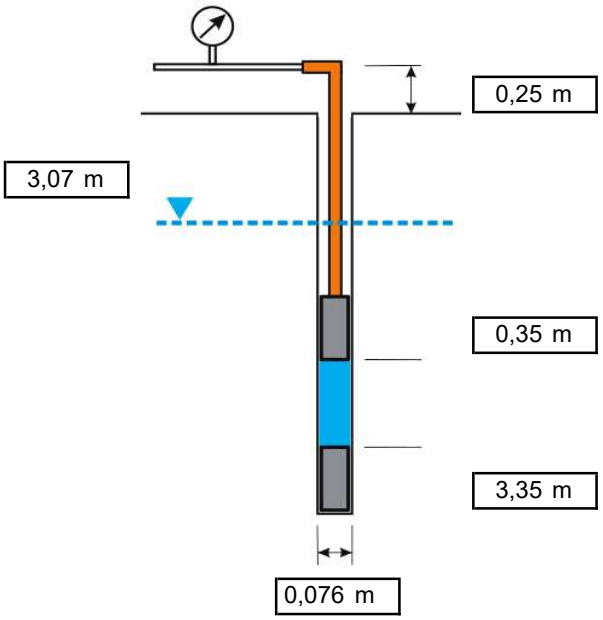
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-02
Ensaio Nº : 1
Data : 10/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
0,35 m a 3,35 m	3,00 m	0,076 m

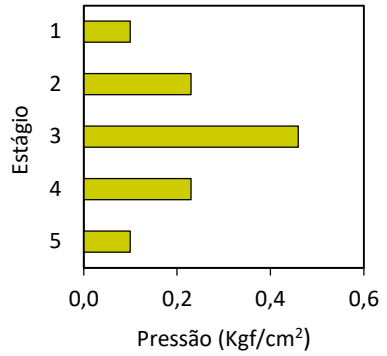
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	0,60 m	0,25 m

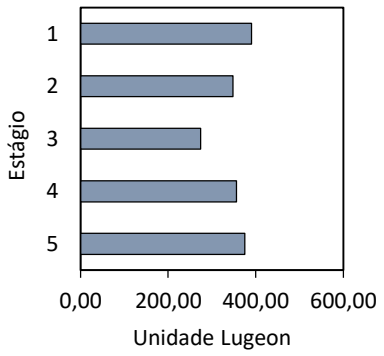
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,07 m	2,10 m	NÃO

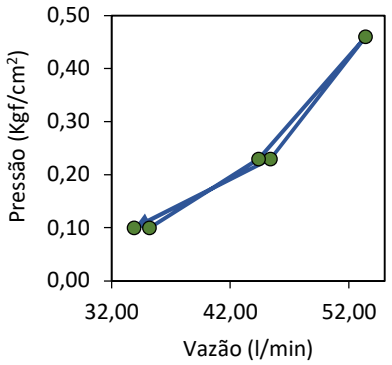
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ACIMA DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	35	35	35	35	35	35	35	36	35	36	35,200	11,733
0,230	45	44	44	44	44	45	44	45	44	45	44,400	14,800
0,460	54	53	54	54	53	53	53	54	53	53	53,400	17,800
0,230	45	46	45	46	45	45	46	45	45	46	45,400	15,133
0,100	34	34	34	33	34	34	34	34	34	34	33,900	11,300

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,010	0,300	39,060	390,597	4,084E-03	H5
2º	0,015	0,425	34,826	348,260	3,641E-03	H5
3º	0,021	0,649	27,446	274,461	2,870E-03	H5
4º	0,016	0,424	35,666	356,658	3,729E-03	H5
5º	0,009	0,301	37,533	375,332	3,924E-03	H5







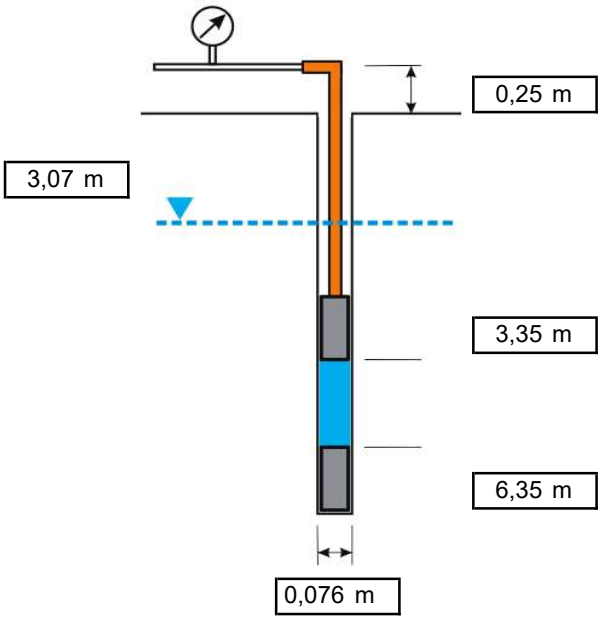
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-02
Ensaio Nº : 2
Data : 10/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
3,35 m a 6,35 m	3,00 m	0,076 m

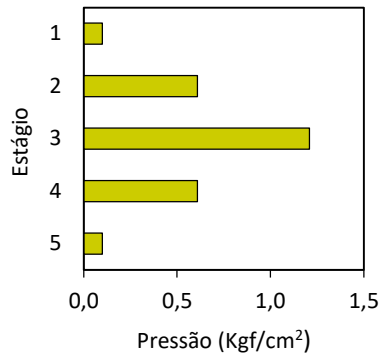
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	3,60 m	0,25 m

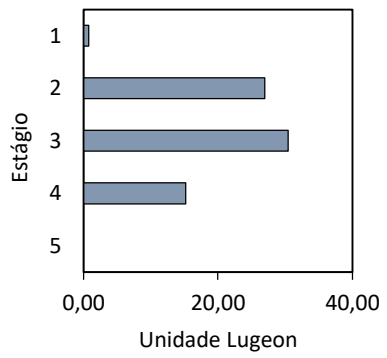
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,07 m	3,32 m	NÃO

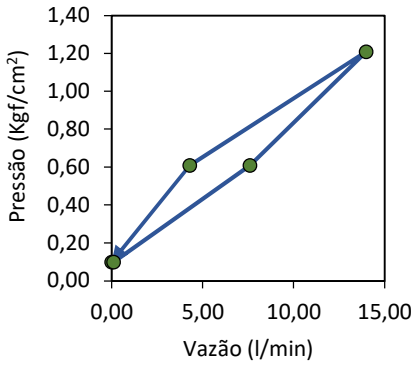
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,100	0,033
0,610	9	9	8	7	8	7	7	7	7	7	7,600	2,533
1,210	15	15	14	14	14	14	14	13	14	13	14,000	4,667
0,610	3	4	4	4	4	5	5	5	4	5	4,300	1,433
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,432	0,077	0,772	8,067E-06	H1
2º	0,003	0,939	2,698	26,979	2,821E-04	H3
3º	0,010	1,532	3,046	30,456	3,184E-04	H4
4º	0,001	0,941	1,523	15,232	1,593E-04	H3
5º	0,000	0,432	0,000	0,000	0,000E+00	H1







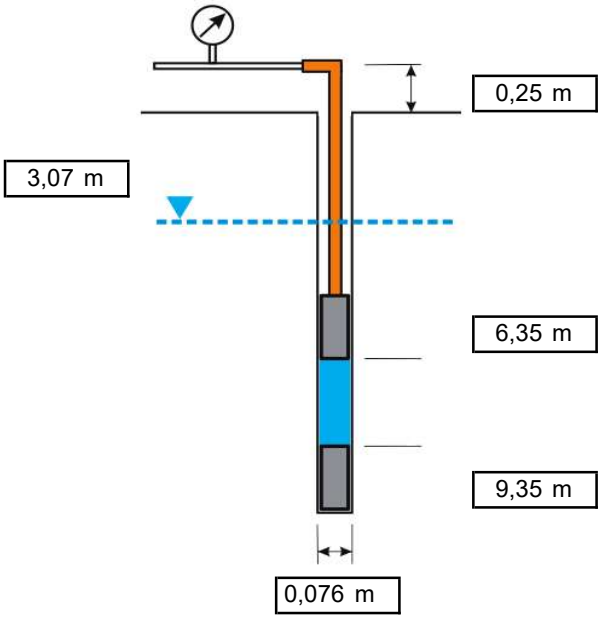
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-02
Ensaio Nº : 3
Data : 11/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
6,35 m a 9,35 m	3,00 m	0,076 m

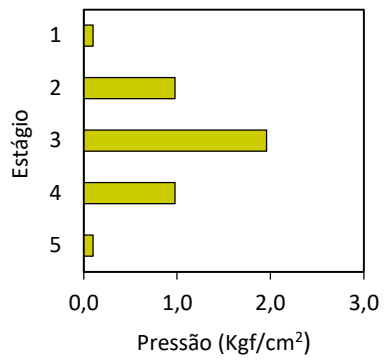
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	6,60 m	0,25 m

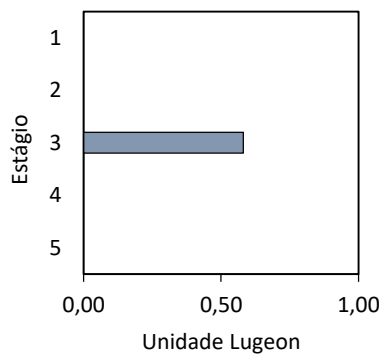
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,07 m	3,32 m	NÃO

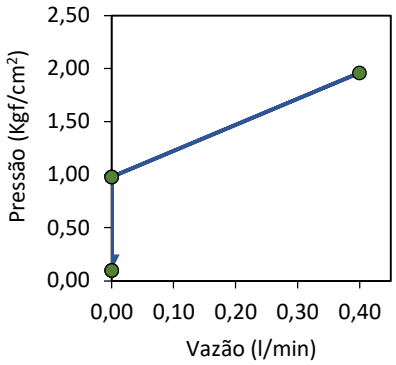
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,960	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0,400	0,133
0,980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,432	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	1,312	0,000	0,000	0,000E+00	H1
3º	0,000	2,292	0,058	0,582	6,082E-06	H1
4º	0,000	1,312	0,000	0,000	0,000E+00	H1
5º	0,000	0,432	0,000	0,000	0,000E+00	H1







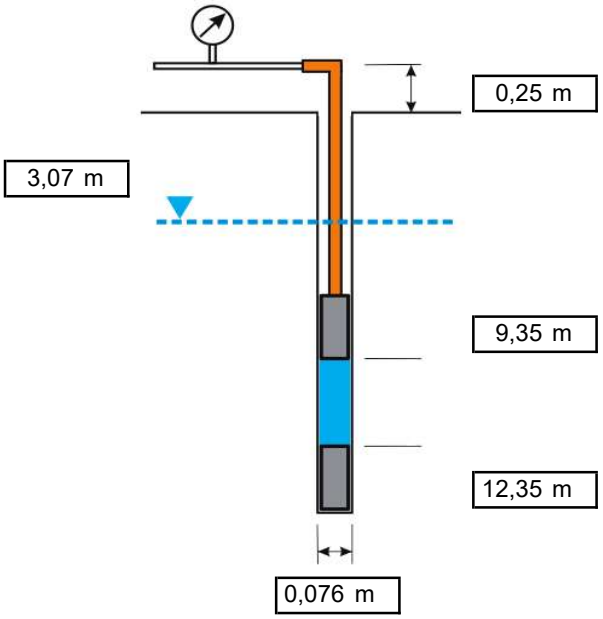
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-02
Ensaio Nº : 4
Data : 11/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
9,35 m a 12,35 m	3,00 m	0,076 m

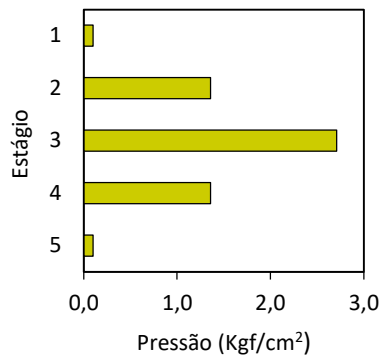
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	9,60 m	0,25 m

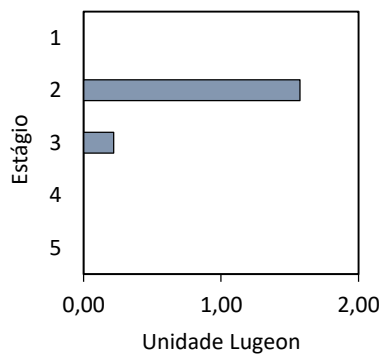
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,07 m	3,32 m	NÃO

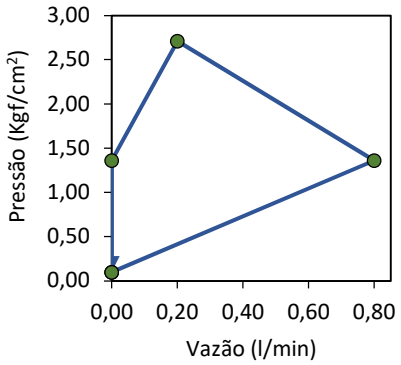
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,360	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0,800	0,267
2,710	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0,200	0,067
1,360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,432	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	1,692	0,158	1,576	1,648E-05	H2
3º	0,000	3,042	0,022	0,219	2,291E-06	H1
4º	0,000	1,692	0,000	0,000	0,000E+00	H1
5º	0,000	0,432	0,000	0,000	0,000E+00	H1







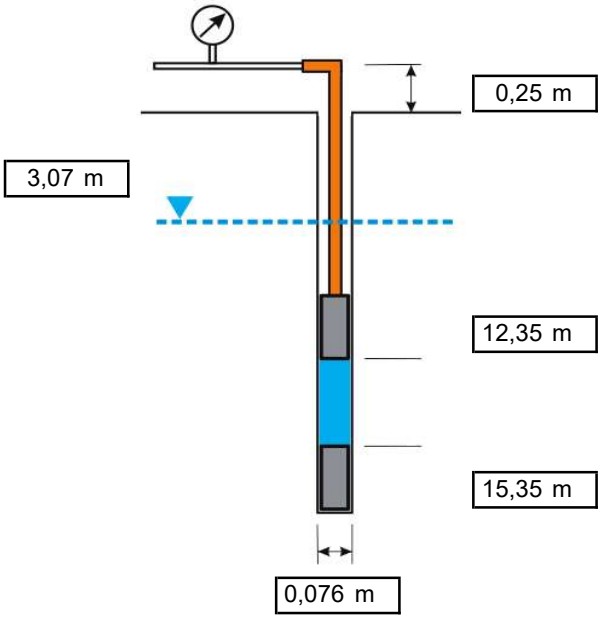
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-02
Ensaio Nº : 5
Data : 11/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
12,35 m a 15,35 m	3,00 m	0,076 m

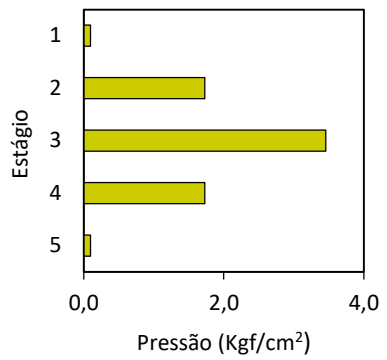
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	12,60 m	0,25 m

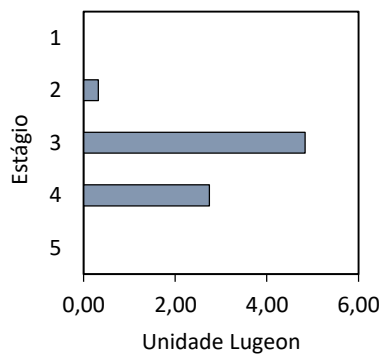
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,07 m	3,32 m	NÃO

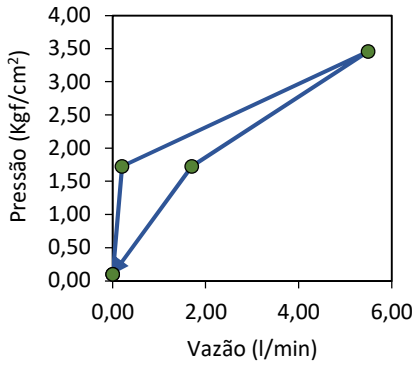
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,730	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0,200	0,067
3,460	6	6	6	7	4	4	5	6	5	6	5,500	1,833
1,730	2	2	1	2	2	2	2	1	2	1	1,700	0,567
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,432	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	2,062	0,032	0,323	3,380E-06	H1
3º	0,006	3,786	0,484	4,842	5,062E-05	H2
4º	0,001	2,061	0,275	2,749	2,874E-05	H2
5º	0,000	0,432	0,000	0,000	0,000E+00	H1







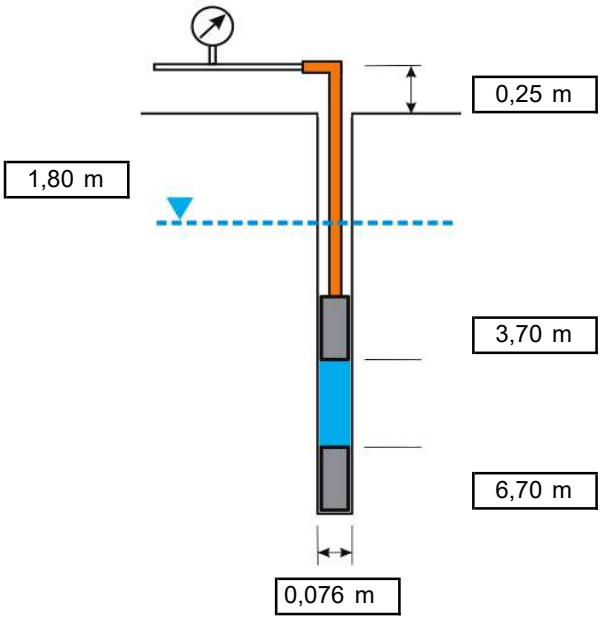
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-06
Ensaio Nº : 1
Data : 01/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
3,70 m a 6,70 m	3,00 m	0,076 m

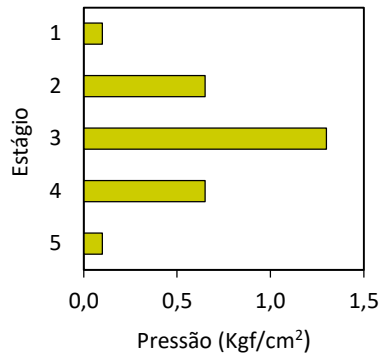
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	3,95 m	0,25 m

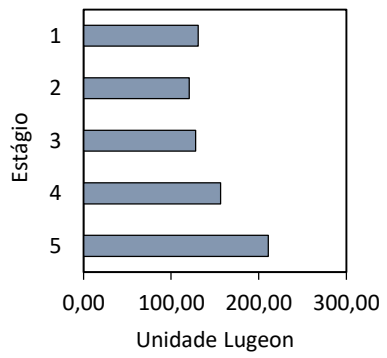
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
1,80 m	2,05 m	NÃO

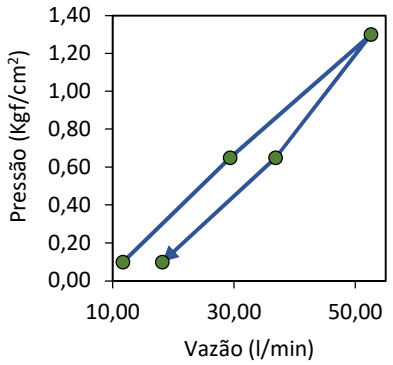
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	11	12	11	12	12	12	12	11	12	12	11,700	3,900
0,650	27	29	29	30	30	30	30	30	29	30	29,400	9,800
1,300	50	52	52	52	52	54	53	54	53	54	52,600	17,533
0,650	38	37	37	37	36	38	37	36	36	37	36,900	12,300
0,100	18	18	19	18	18	18	18	18	19	18	18,200	6,067

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,008	0,297	13,112	131,118	1,371E-03	H5
2º	0,045	0,810	12,094	120,940	1,264E-03	H5
3º	0,137	1,368	12,819	128,187	1,340E-03	H5
4º	0,069	0,786	15,654	156,539	1,637E-03	H5
5º	0,018	0,287	21,118	211,177	2,208E-03	H5







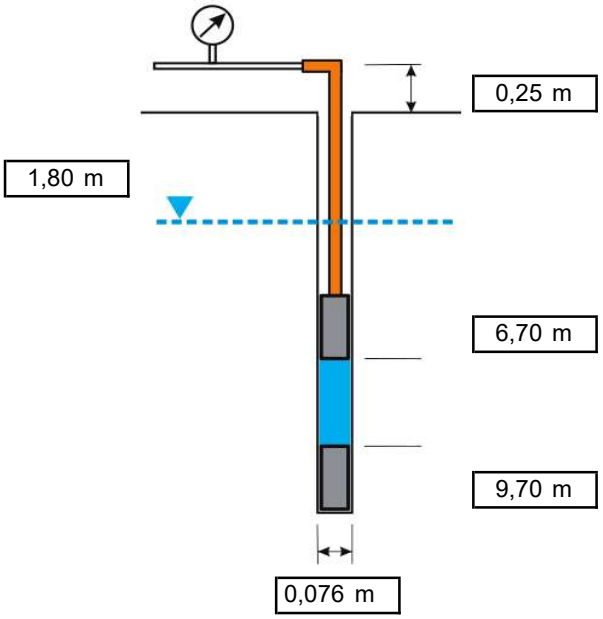
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-06
Ensaio Nº : 2
Data : 01/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
6,70 m a 9,70 m	3,00 m	0,076 m

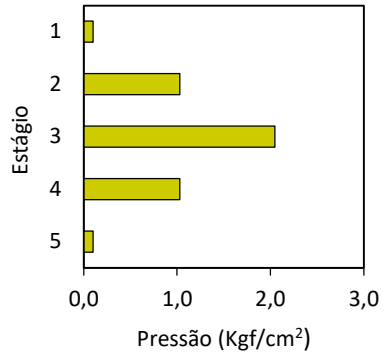
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	6,95 m	0,25 m

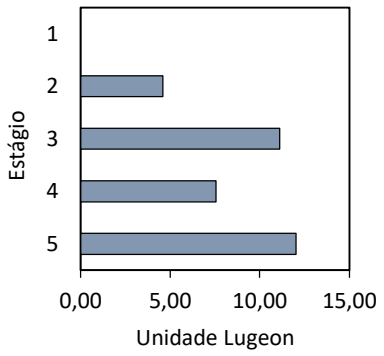
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
1,80 m	2,05 m	NÃO

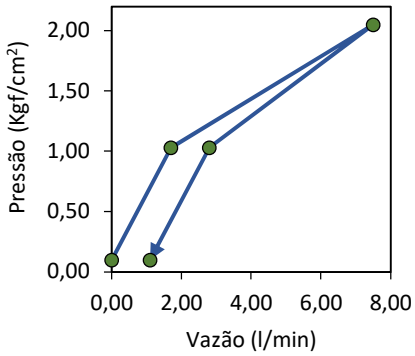
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,030	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1,700	0,567
2,050	8	7	8	7	8	7	8	7	8	7	7,500	2,500
1,030	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2,800	0,933
0,100	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1,100	0,367

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,305	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	1,235	0,459	4,590	4,799E-05	H2
3º	0,006	2,249	1,111	11,114	1,162E-04	H3
4º	0,001	1,234	0,756	7,563	7,907E-05	H2
5º	0,000	0,305	1,203	12,027	1,257E-04	H3







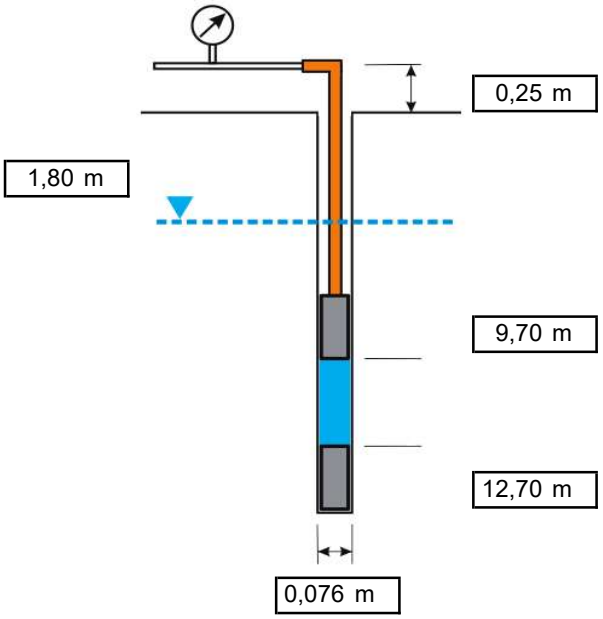
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-06
Ensaio Nº : 3
Data : 01/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
9,70 m a 12,70 m	3,00 m	0,076 m

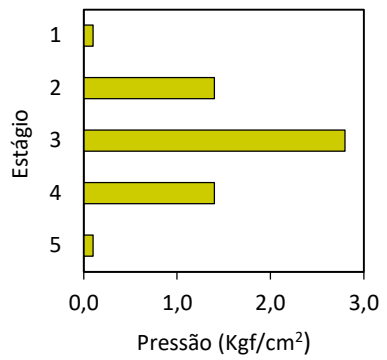
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	9,95 m	0,25 m

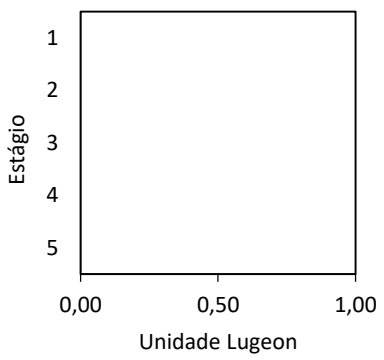
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
1,80 m	2,05 m	NÃO

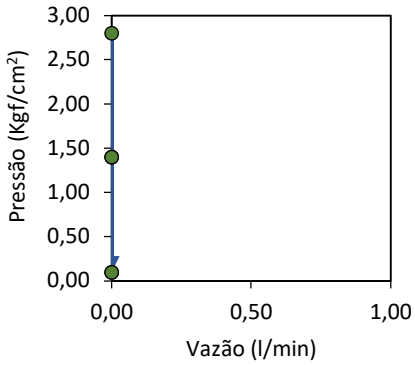
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
2,800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,305	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	1,605	0,000	0,000	0,000E+00	H1
3º	0,000	3,005	0,000	0,000	0,000E+00	H1
4º	0,000	1,605	0,000	0,000	0,000E+00	H1
5º	0,000	0,305	0,000	0,000	0,000E+00	H1







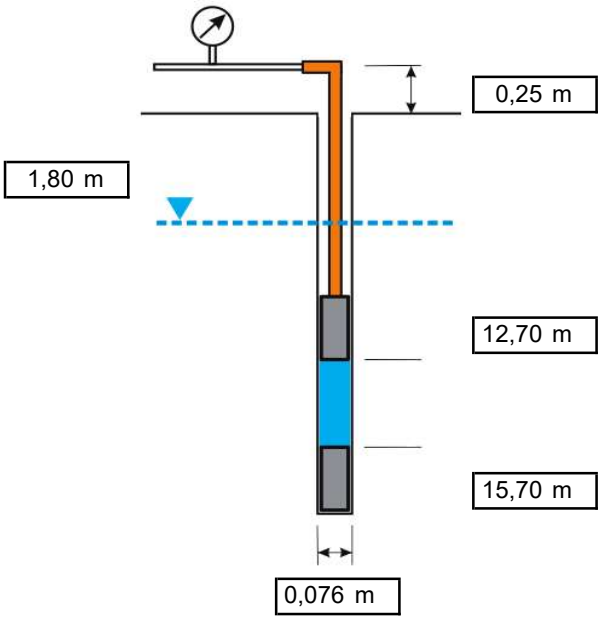
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-06
Ensaio Nº : 4
Data : 01/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
12,70 m a 15,70 m	3,00 m	0,076 m

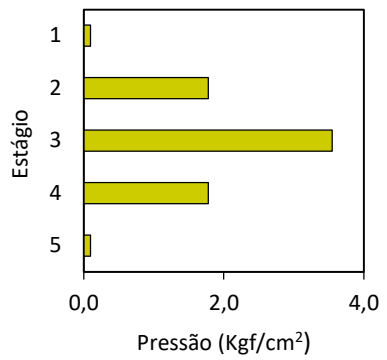
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	12,95 m	0,25 m

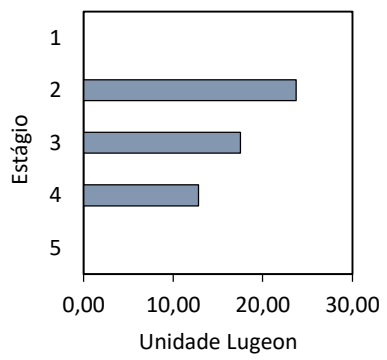
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
1,80 m	2,05 m	NÃO

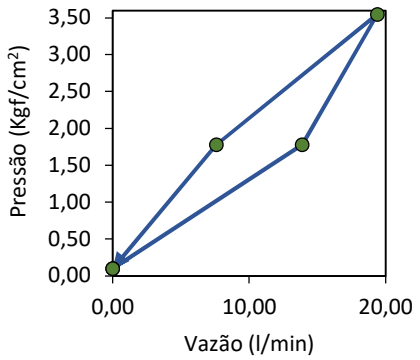
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,780	13	14	14	14	14	15	14	14	14	13	13,900	4,633
3,550	20	20	20	18	19	20	20	18	19	20	19,400	6,467
1,780	8	9	8	7	7	7	7	7	8	8	7,600	2,533
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,305	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,035	1,950	2,376	23,755	2,484E-04	H3
3º	0,066	3,689	1,753	17,528	1,833E-04	H3
4º	0,011	1,974	1,283	12,832	1,342E-04	H3
5º	0,000	0,305	0,000	0,000	0,000E+00	H1







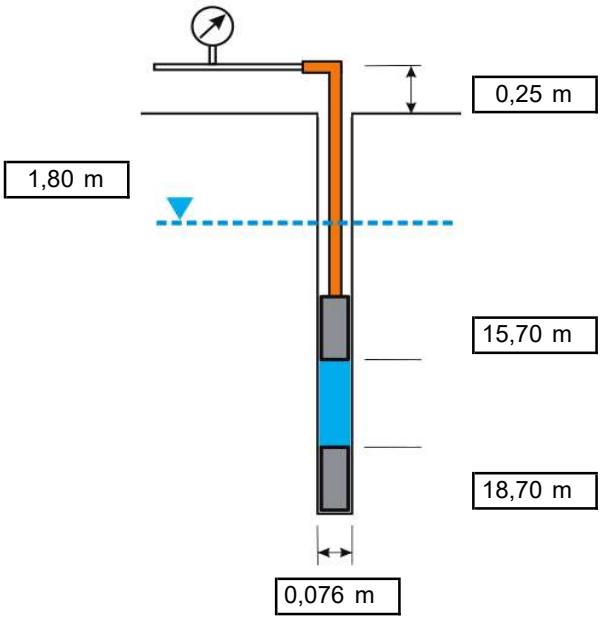
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-06
Ensaio Nº : 5
Data : 08/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
15,70 m a 18,70 m	3,00 m	0,076 m

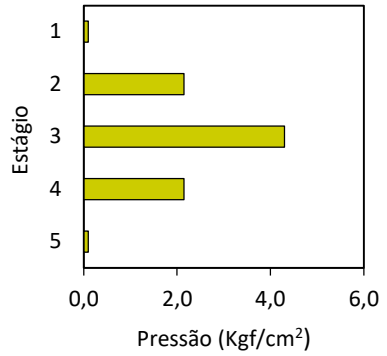
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	15,95 m	0,25 m

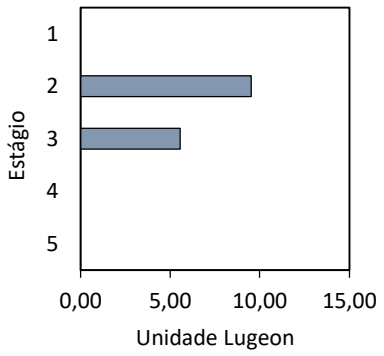
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
1,80 m	2,05 m	NÃO

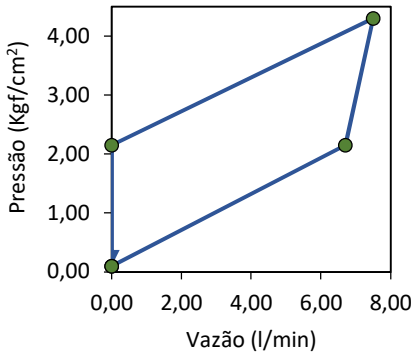
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
2,150	8	9	9	7	8	8	5	4	4	5	6,700	2,233
4,300	20	20	19	12	4	0	0	0	0	0	7,500	2,500
2,150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,305	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,010	2,345	0,953	9,525	9,959E-05	H2
3º	0,013	4,492	0,557	5,565	5,819E-05	H2
4º	0,000	2,355	0,000	0,000	0,000E+00	H1
5º	0,000	0,305	0,000	0,000	0,000E+00	H1







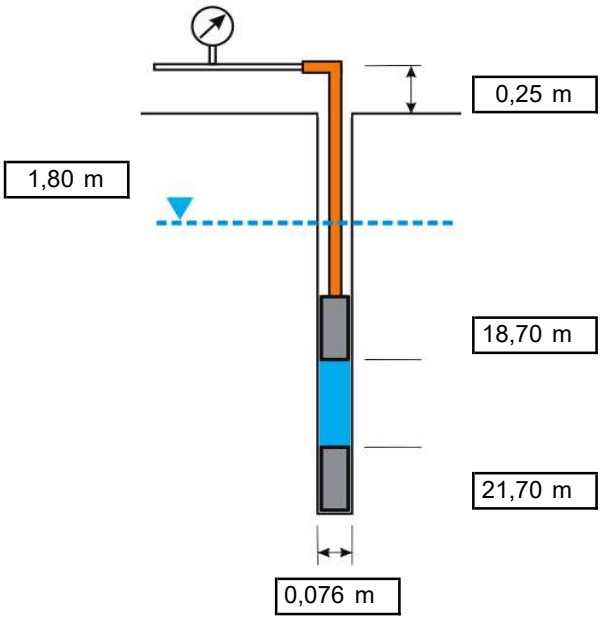
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-06
Ensaio Nº : 6
Data : 08/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
18,70 m a 21,70 m	3,00 m	0,076 m

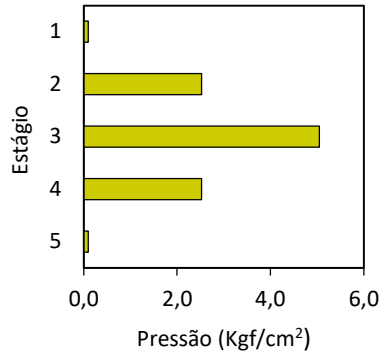
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	18,95 m	0,25 m

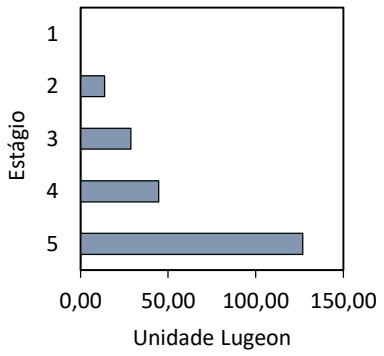
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
1,80 m	2,05 m	NÃO

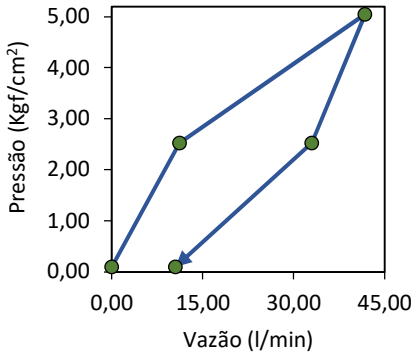
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
2,530	11	9	11	12	10	12	11	12	12	12	11,200	3,733
5,050	40	40	40	42	42	42	43	43	43	43	41,800	13,933
2,530	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33,000	11,000
0,100	10	11	10	11	10	10	11	10	11	11	10,500	3,500

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,305	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,033	2,702	1,382	13,819	1,445E-04	H3
3º	0,423	4,832	2,883	28,833	3,015E-04	H3
4º	0,268	2,467	4,459	44,586	4,662E-04	H4
5º	0,029	0,276	12,701	127,010	1,328E-03	H5







Observações

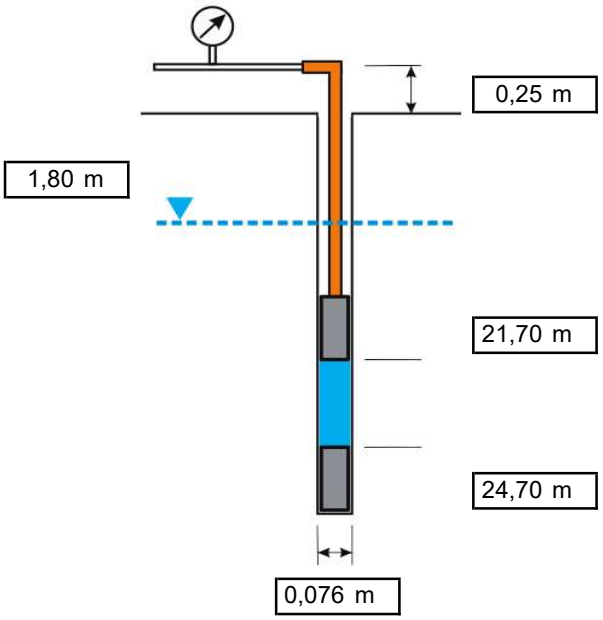
* Artesianismo devido a injeção de água no 3º e 4º estágio.

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-06
Ensaio Nº : 7
Data : 08/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
21,70 m a 24,70 m	3,00 m	0,076 m

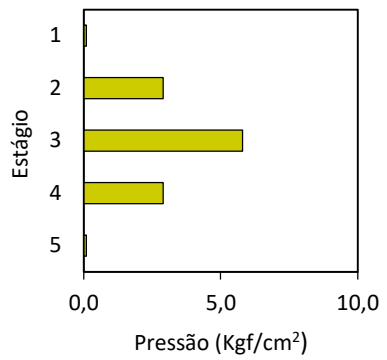
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	21,95 m	0,25 m

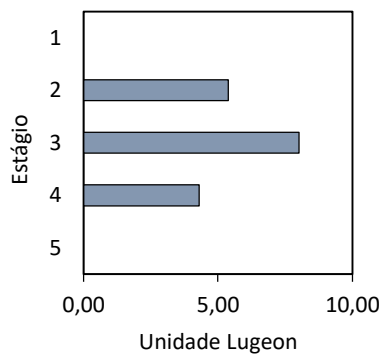
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
1,80 m	2,05 m	NÃO

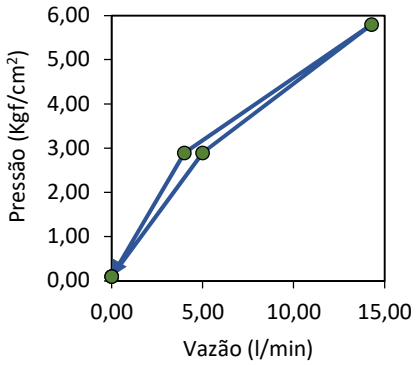
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
2,900	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5,000	1,667
5,800	17	14	16	16	15	13	12	13	12	15	14,300	4,767
2,900	5	5	3	5	4	3	4	4	3	4	4,000	1,333
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,305	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,008	3,097	0,538	5,382	5,627E-05	H2
3º	0,062	5,943	0,802	8,020	8,386E-05	H2
4º	0,005	3,100	0,430	4,301	4,497E-05	H2
5º	0,000	0,305	0,000	0,000	0,000E+00	H1







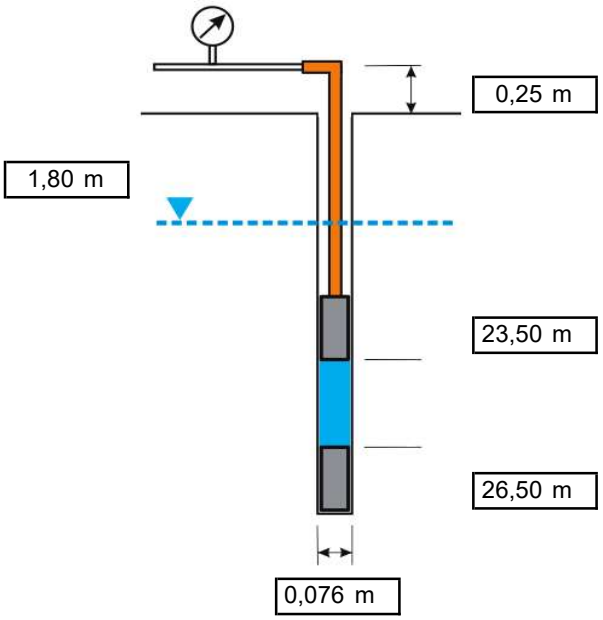
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-06
Ensaio Nº : 8
Data : 08/11/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
23,50 m a 26,50 m	3,00 m	0,076 m

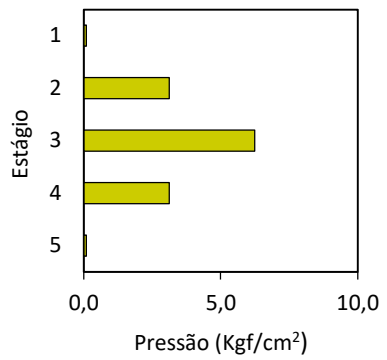
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	23,75 m	0,25 m

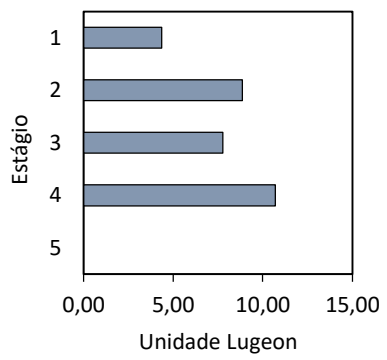
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
1,80 m	2,05 m	NÃO

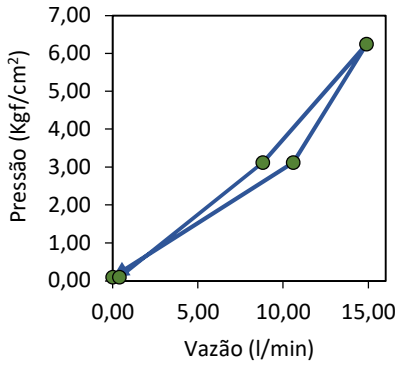
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0,400	0,133
3,130	9	9	8	8	9	9	9	9	9	9	8,800	2,933
6,250	14	14	15	14	14	15	15	16	17	15	14,900	4,967
3,130	11	11	10	10	10	10	12	10	11	11	10,600	3,533
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,305	0,437	4,373	4,572E-05	H2
2º	0,026	3,309	0,887	8,865	9,269E-05	H2
3º	0,072	6,383	0,778	7,782	8,136E-05	H2
4º	0,038	3,297	1,072	10,715	1,120E-04	H3
5º	0,000	0,305	0,000	0,000	0,000E+00	H1







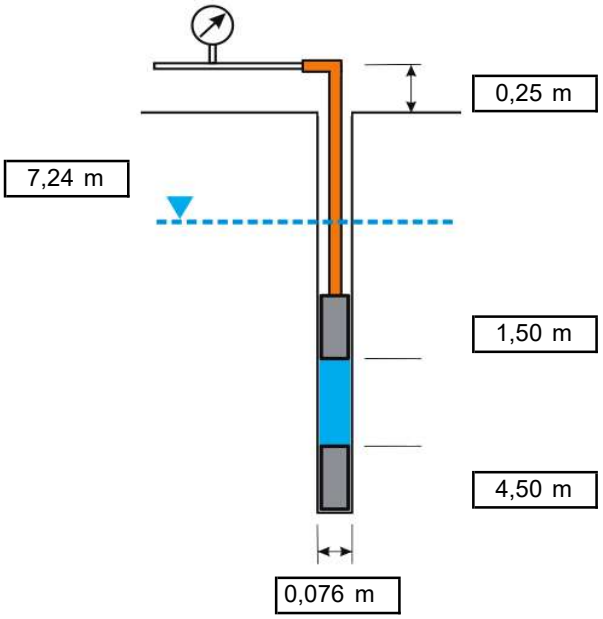
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-07
Ensaio Nº : 1
Data : 30/10/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
1,50 m a 4,50 m	3,00 m	0,076 m

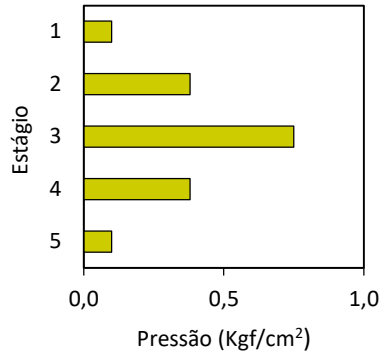
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	1,75 m	0,25 m

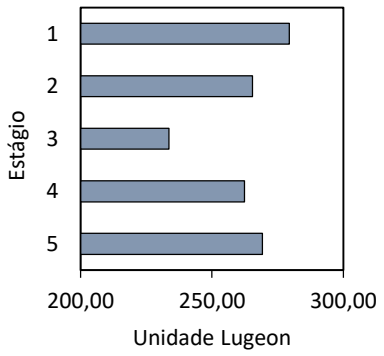
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
7,24 m	3,25 m	NÃO

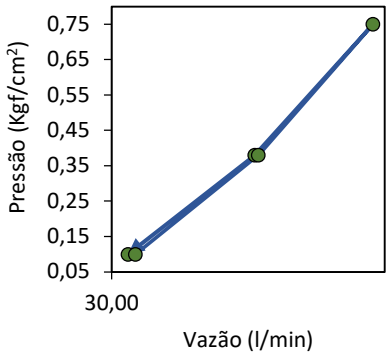
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ACIMA DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	34	35	33	34	33	33	34	32	33	34	33,500	11,167
0,380	52	52	51	52	51	51	52	51	52	51	51,500	17,167
0,750	69	67	69	68	67	70	68	69	69	67	68,300	22,767
0,380	50	52	51	51	51	51	51	51	51	51	51,000	17,000
0,100	31	32	33	32	32	32	33	33	33	33	32,400	10,800

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,025	0,400	27,949	279,491	2,922E-03	H5
2º	0,058	0,647	26,547	265,474	2,776E-03	H5
3º	0,101	0,974	23,365	233,646	2,443E-03	H5
4º	0,057	0,648	26,246	262,456	2,744E-03	H5
5º	0,024	0,401	26,924	269,244	2,815E-03	H5







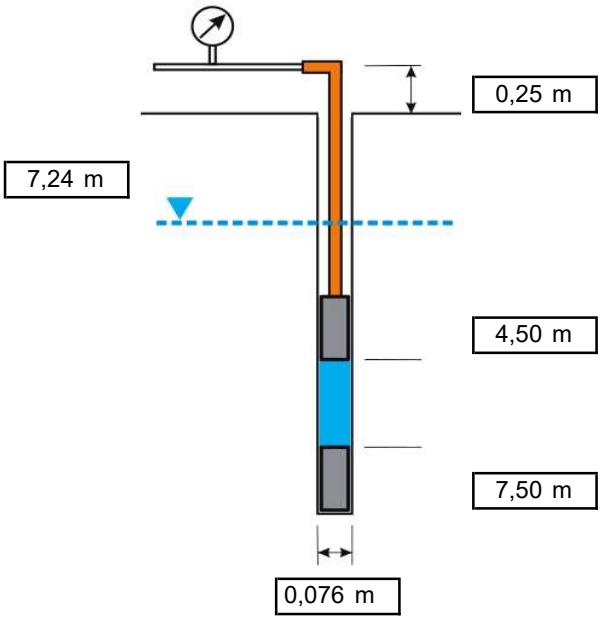
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-07
Ensaio Nº : 2
Data : 31/10/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
4,50 m a 7,50 m	3,00 m	0,076 m

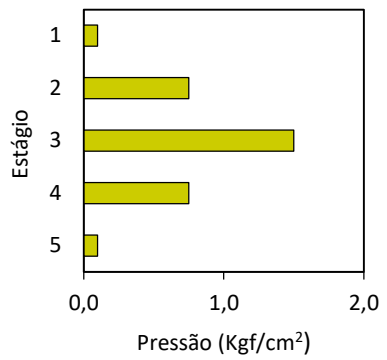
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	4,75 m	0,25 m

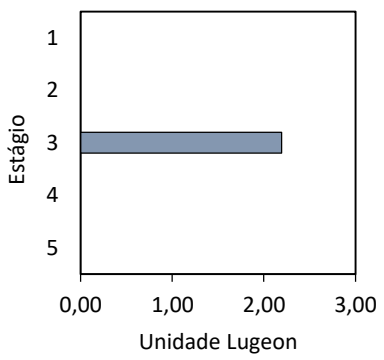
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
7,24 m	6,25 m	NÃO

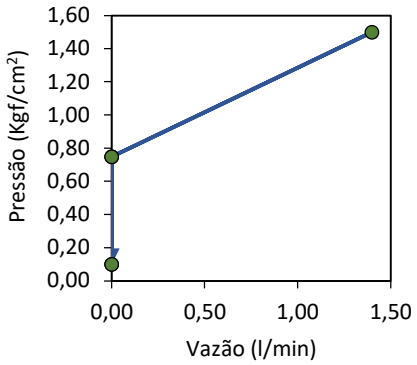
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ACIMA DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,500	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1,400	0,467
0,750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,725	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	1,375	0,000	0,000	0,000E+00	H1
3º	0,000	2,125	0,220	2,196	2,296E-05	H2
4º	0,000	1,375	0,000	0,000	0,000E+00	H1
5º	0,000	0,725	0,000	0,000	0,000E+00	H1







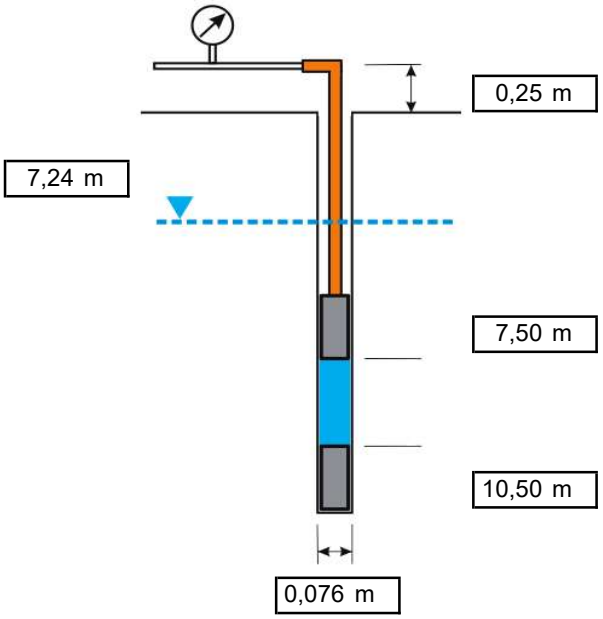
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-07
Ensaio Nº : 3
Data : 31/10/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
7,50 m a 10,50 m	3,00 m	0,076 m

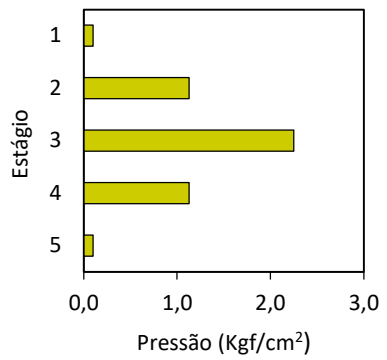
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	7,75 m	0,25 m

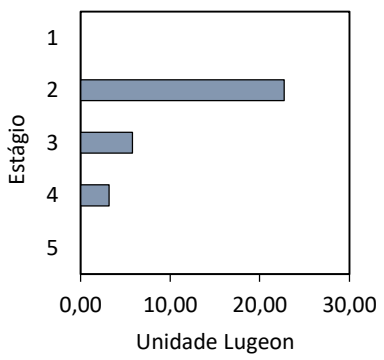
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
7,24 m	7,49 m	NÃO

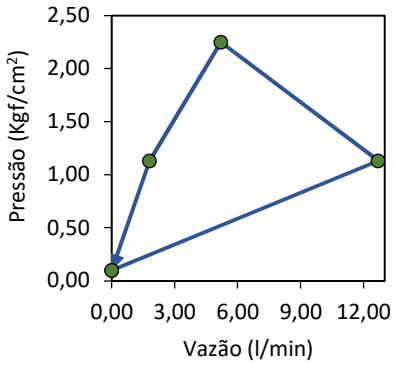
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,130	11	11	12	12	13	13	13	14	14	14	12,700	4,233
2,250	10	10	6	6	6	5	4	2	2	1	5,200	1,733
1,130	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1,800	0,600
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,849	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,017	1,862	2,274	22,740	2,378E-04	H3
3º	0,003	2,996	0,579	5,786	6,049E-05	H2
4º	0,000	1,879	0,319	3,194	3,339E-05	H2
5º	0,000	0,849	0,000	0,000	0,000E+00	H1







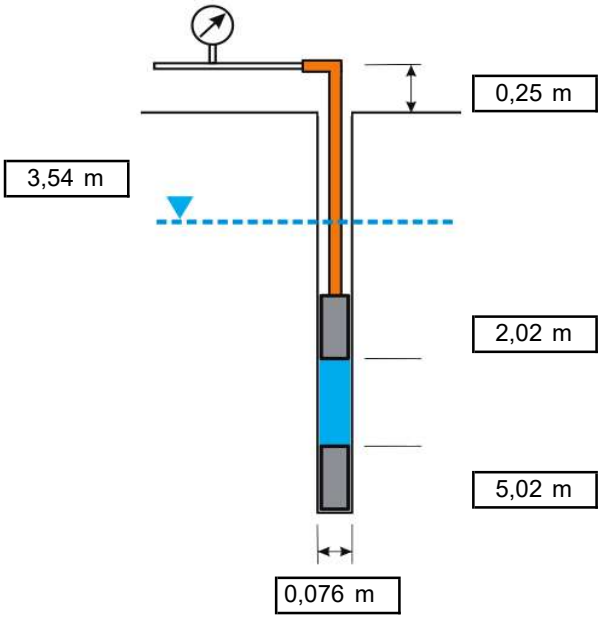
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-08
Ensaio Nº : 1
Data : 27/10/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
2,02 m a 5,02 m	3,00 m	0,076 m

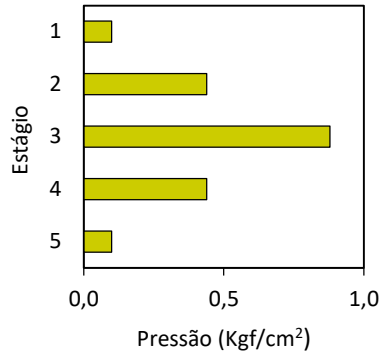
Ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	2,27 m	0,25 m

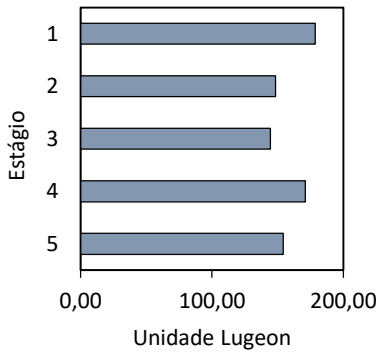
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,54 m	3,77 m	NÃO

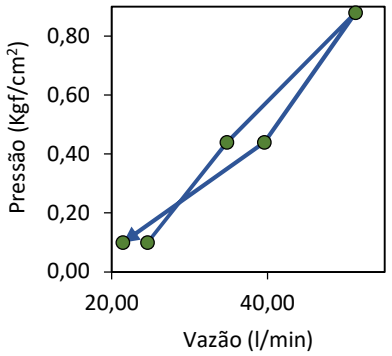
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ACIMA DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	25	24	25	25	24	25	25	24	25	24	24,600	8,200
0,440	39	36	35	34	35	34	34	34	33	34	34,800	11,600
0,880	53	51	49	51	51	52	51	52	52	51	51,300	17,100
0,440	40	40	39	40	40	40	39	39	40	39	39,600	13,200
0,100	0	24	24	24	23	24	23	24	23	24	21,455	7,152

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,018	0,459	17,873	178,731	1,869E-03	H5
2º	0,036	0,781	14,844	148,442	1,552E-03	H5
3º	0,075	1,182	14,469	144,686	1,513E-03	H5
4º	0,046	0,771	17,112	171,119	1,789E-03	H5
5º	0,014	0,463	15,446	154,456	1,615E-03	H5







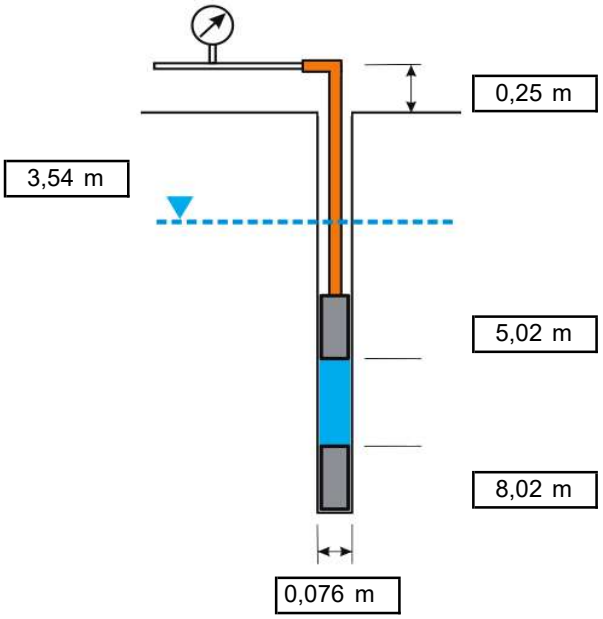
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-08
Ensaio Nº : 2
Data : 27/10/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
5,02 m a 8,02 m	3,00 m	0,076 m

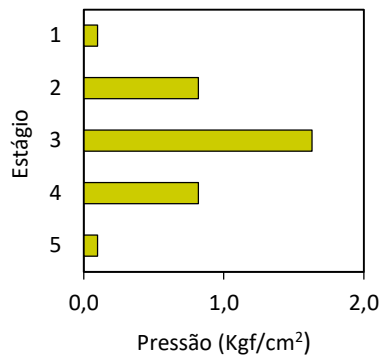
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	5,27 m	0,25 m

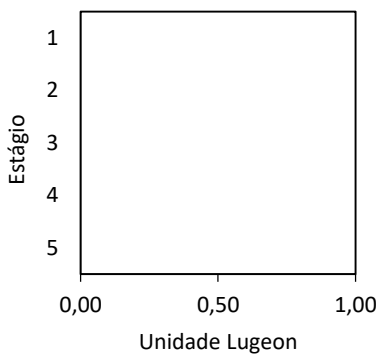
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,54 m	3,79 m	NÃO

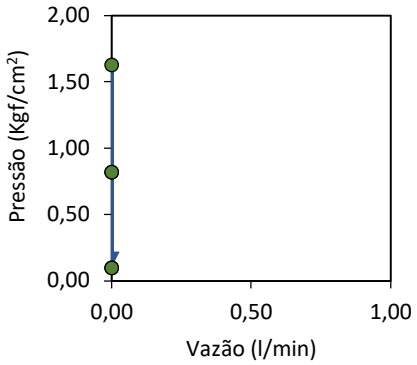
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,820	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,630	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,820	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	1,199	0,000	0,000	0,000E+00	H1
3º	0,000	2,009	0,000	0,000	0,000E+00	H1
4º	0,000	1,199	0,000	0,000	0,000E+00	H1
5º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1







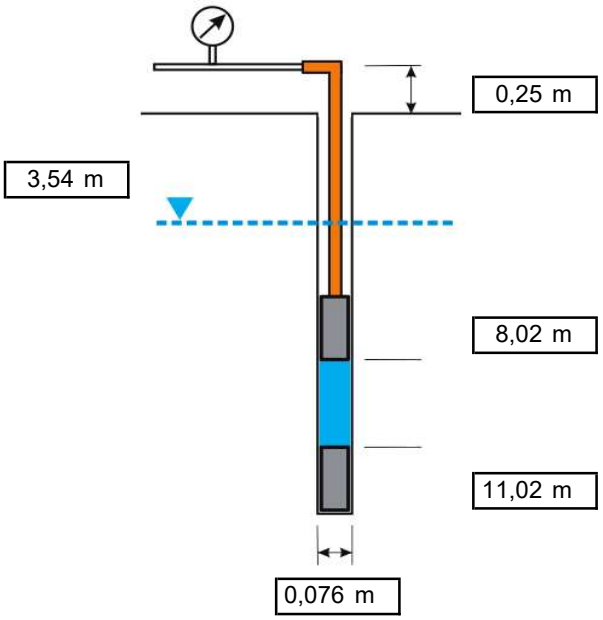
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-08
Ensaio Nº : 3
Data : 27/10/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
8,02 m a 11,02 m	3,00 m	0,076 m

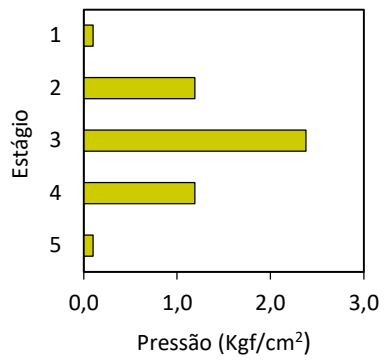
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	8,27 m	0,25 m

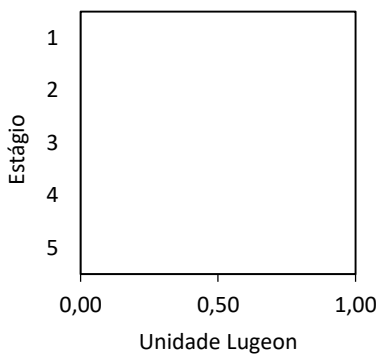
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,54 m	3,79 m	NÃO

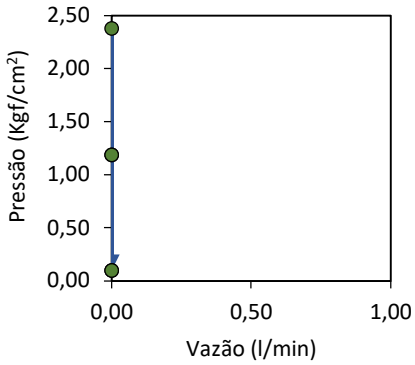
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
2,380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	1,569	0,000	0,000	0,000E+00	H1
3º	0,000	2,759	0,000	0,000	0,000E+00	H1
4º	0,000	1,569	0,000	0,000	0,000E+00	H1
5º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1







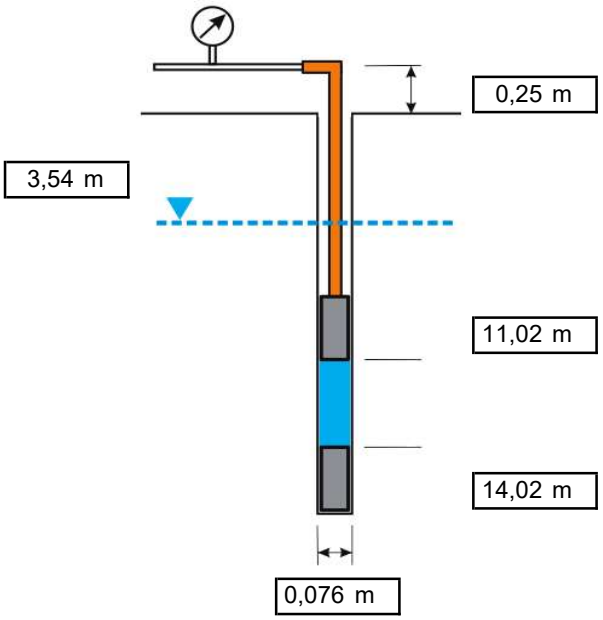
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-08
Ensaio Nº : 4
Data : 27/10/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
11,02 m a 14,02 m	3,00 m	0,076 m

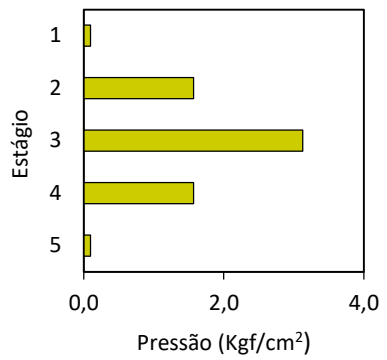
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	11,27 m	0,25 m

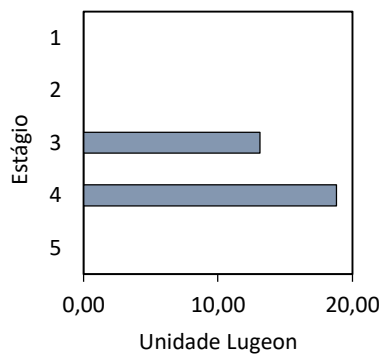
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,54 m	3,79 m	NÃO

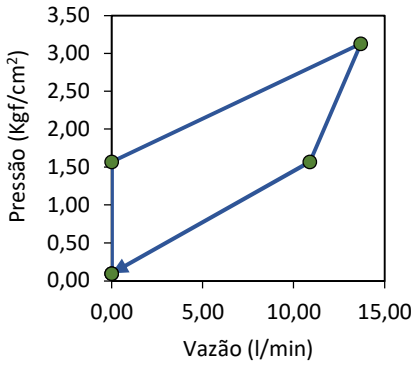
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,570	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
3,130	14	13	14	13	13	14	14	14	14	14	13,700	4,567
1,570	12	11	11	11	11	11	10	11	10	11	10,900	3,633
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	1,949	0,000	0,000	0,000E+00	H1
3º	0,029	3,480	1,312	13,124	1,372E-04	H3
4º	0,019	1,930	1,882	18,824	1,968E-04	H3
5º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1







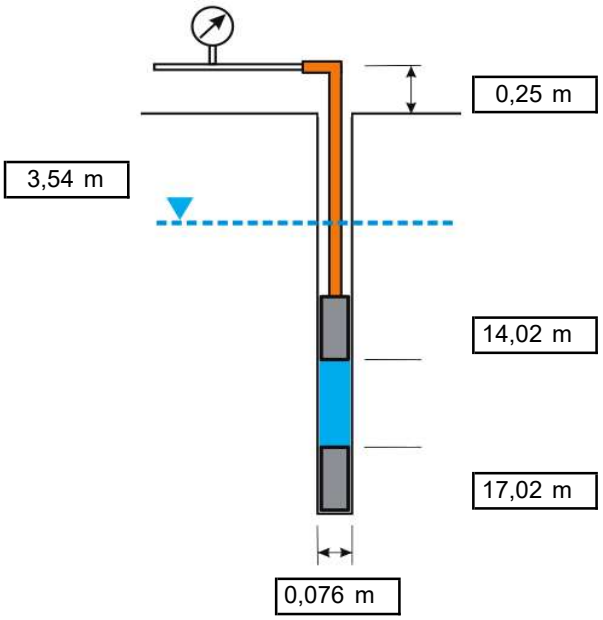
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-08
Ensaio Nº : 5
Data : 28/10/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
14,02 m a 17,02 m	3,00 m	0,076 m

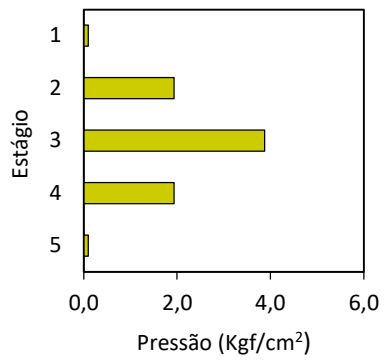
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	14,27 m	0,25 m

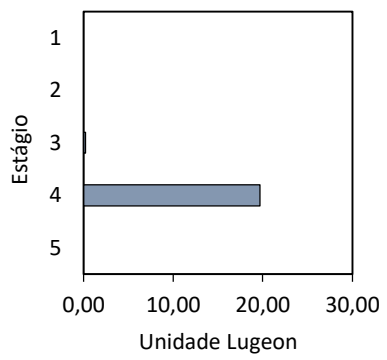
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,54 m	3,79 m	NÃO

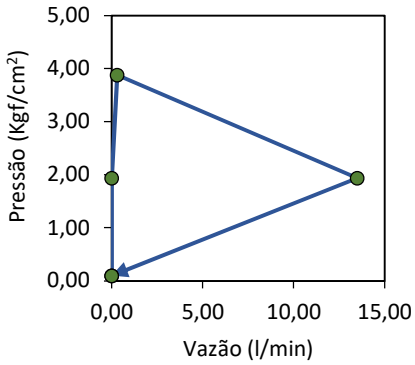
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
1,940	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
3,880	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,300	0,100
1,940	12	13	13	14	14	15	13	13	14	14	13,500	4,500
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	2,319	0,000	0,000	0,000E+00	H1
3º	0,000	4,259	0,023	0,235	2,455E-06	H1
4º	0,036	2,283	1,971	19,711	2,061E-04	H3
5º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1







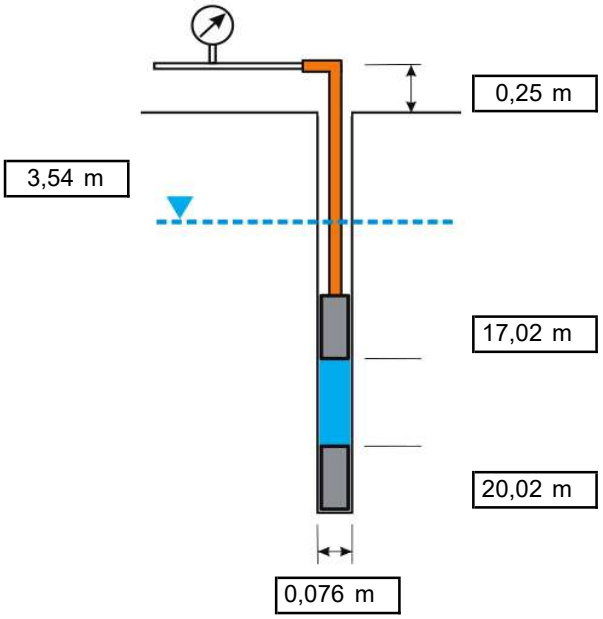
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-08
Ensaio Nº : 6
Data : 28/10/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
17,02 m a 20,02 m	3,00 m	0,076 m

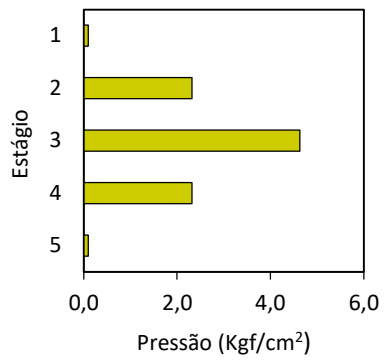
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	17,27 m	0,25 m

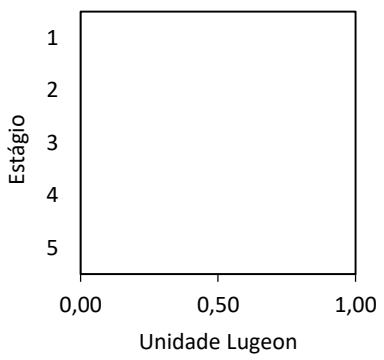
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,54 m	3,79 m	NÃO

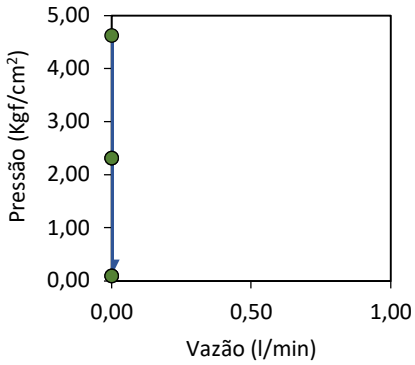
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
2,320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
4,630	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
2,320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	2,699	0,000	0,000	0,000E+00	H1
3º	0,000	5,009	0,000	0,000	0,000E+00	H1
4º	0,000	2,699	0,000	0,000	0,000E+00	H1
5º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1







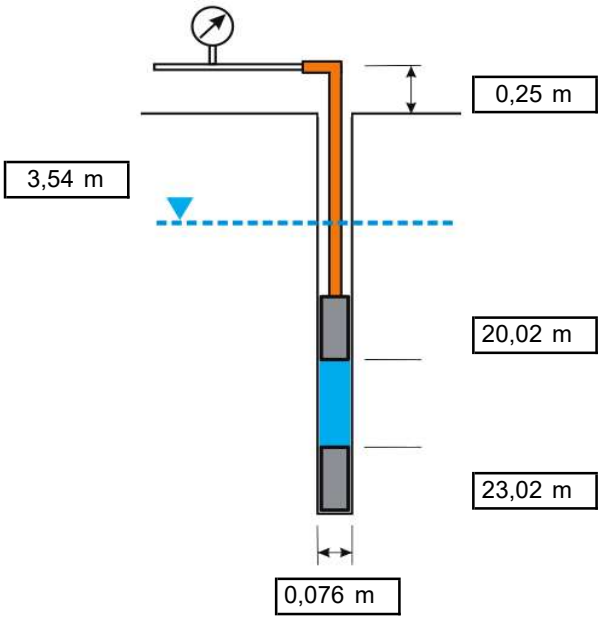
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-08
Ensaio Nº : 7
Data : 28/10/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
20,02 m a 23,02 m	3,00 m	0,076 m

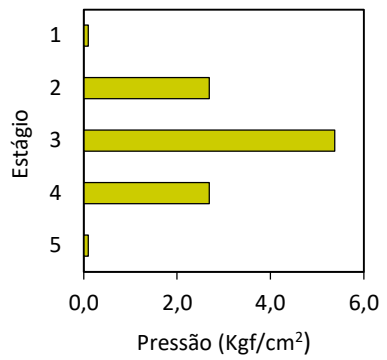
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	20,27 m	0,25 m

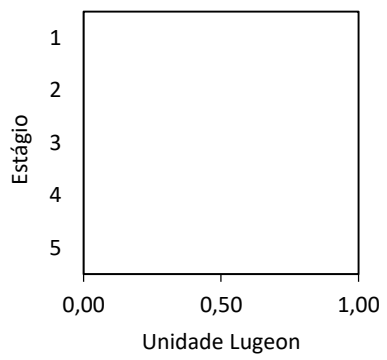
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,54 m	3,79 m	NÃO

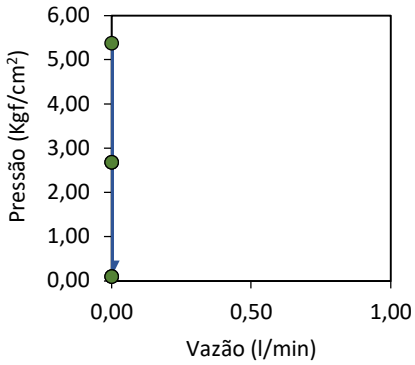
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
2,690	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
5,380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
2,690	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,000	3,069	0,000	0,000	0,000E+00	H1
3º	0,000	5,759	0,000	0,000	0,000E+00	H1
4º	0,000	3,069	0,000	0,000	0,000E+00	H1
5º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1







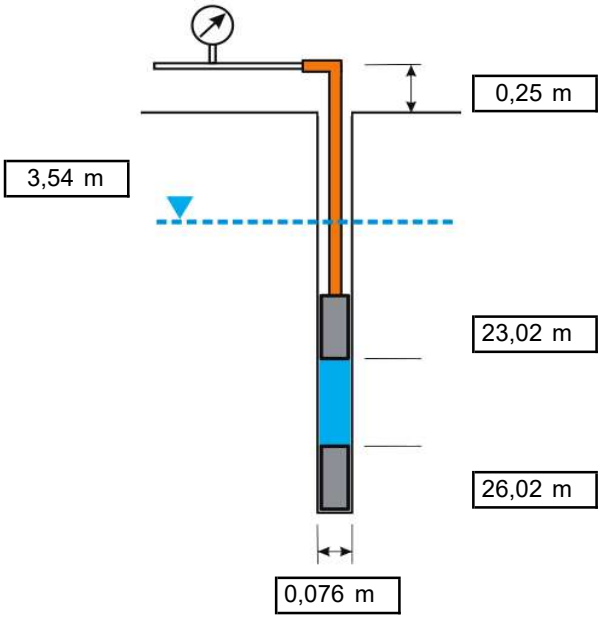
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-08
Ensaio Nº : 8
Data : 28/10/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
23,02 m a 26,02 m	3,00 m	0,076 m

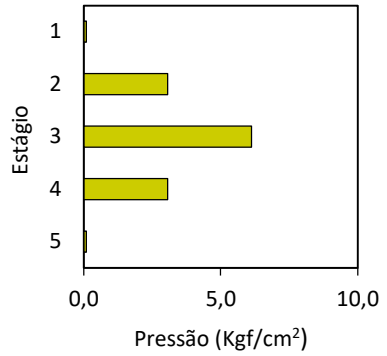
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	23,27 m	0,25 m

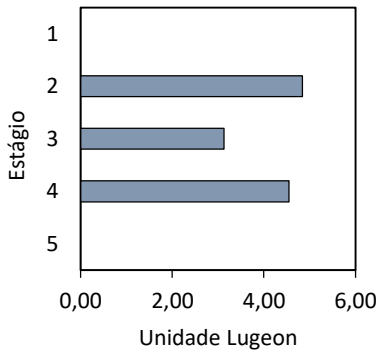
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,54 m	3,79 m	NÃO

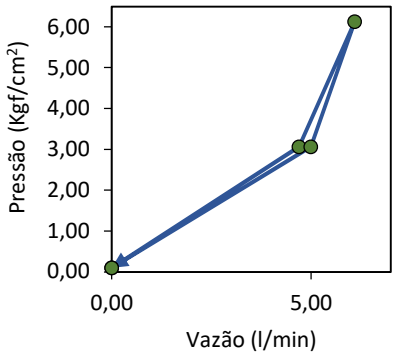
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
3,070	6	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5,000	1,667
6,130	5	6	6	6	6	7	6	6	7	6	6,100	2,033
3,070	5	4	5	5	4	4	5	5	5	5	4,700	1,567
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,009	3,440	0,484	4,844	5,065E-05	H2
3º	0,013	6,496	0,313	3,130	3,272E-05	H2
4º	0,008	3,441	0,455	4,553	4,760E-05	H2
5º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1







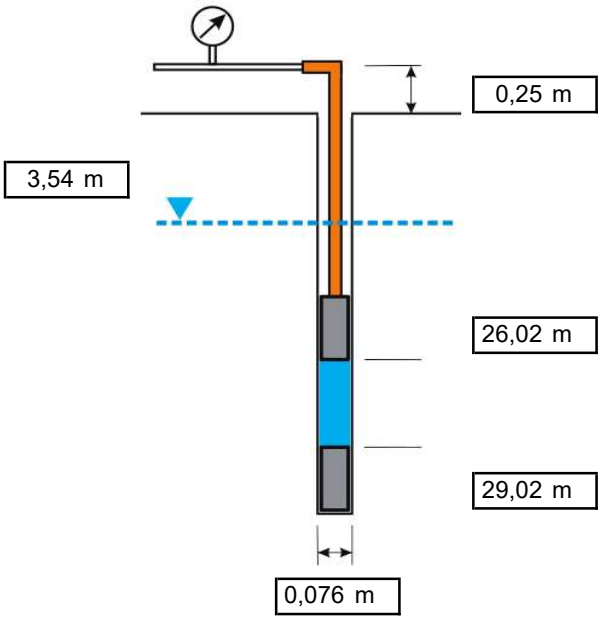
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-08
Ensaio Nº : 9
Data : 28/10/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
26,02 m a 29,02 m	3,00 m	0,076 m

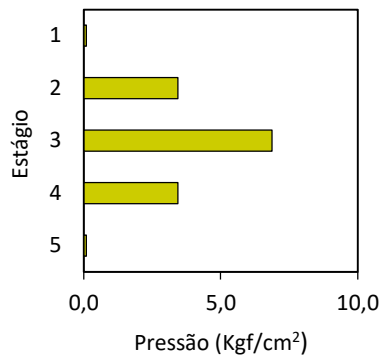
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	26,27 m	0,25 m

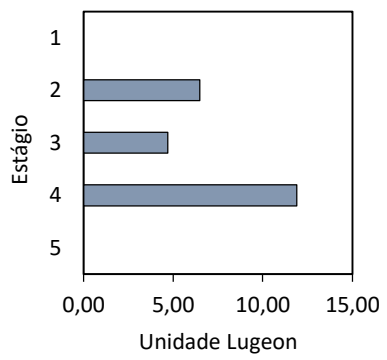
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,54 m	3,79 m	NÃO

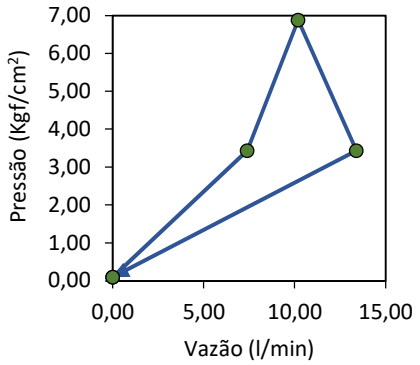
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
3,440	9	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7,400	2,467
6,880	12	10	9	8	9	12	13	10	9	10	10,200	3,400
3,440	16	17	13	12	12	12	12	14	12	14	13,400	4,467
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,021	3,798	0,649	6,494	6,790E-05	H2
3º	0,039	7,220	0,471	4,709	4,923E-05	H2
4º	0,065	3,754	1,190	11,899	1,244E-04	H3
5º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1







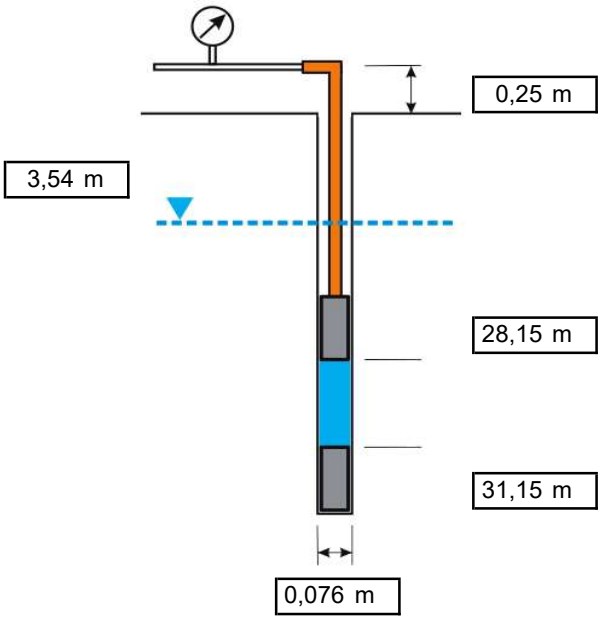
Observações

ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

DAMASCO PENNA engenharia geotécnica

Projeto Nº : -
Cliente : -
Obra : -
Local : Piraju/SP

Sondagem : SR-08
Ensaio Nº : 10
Data : 28/10/2017
Operador : Marcelo Pironi



Profundidade do Ensaio	Trecho Ensaiado	ø Furo
28,15 m a 31,15 m	3,00 m	0,076 m

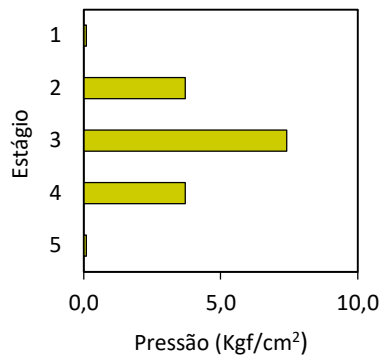
ø Canalização	Comprimento da Canalização	Altura do Manômetro
0,025 m	28,40 m	0,25 m

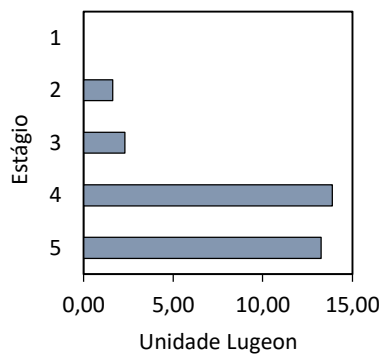
N.A. Adotado	Coluna d'Água	Artesianismo
3,54 m	3,79 m	NÃO

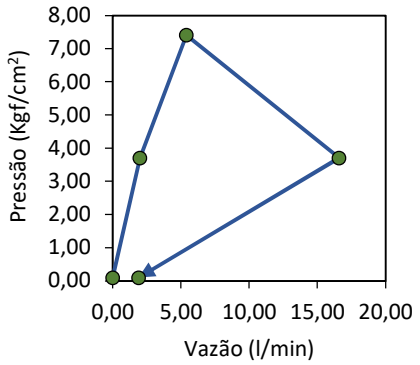
Posição do Trecho Ensaiado	Fator "F"
ABAIXO DO N.A.	1,046E-04

Pressão Manométrica (Kgf/cm²)	Absorções a cada minuto (l)										Vazão (l/min)	Vazão Específica (l/min/m)
0,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000
3,710	3	2	2	1	2	2	1	2	3	2	2,000	0,667
7,410	7	6	6	5	5	6	6	4	5	4	5,400	1,800
3,710	16	14	16	16	19	17	17	17	17	17	16,600	5,533
0,100	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1,900	0,633

Estágio	Perda de Carga (Kgf/cm²)	Carga Efetiva (Kgf/cm²)	Perda d´Água Específica (l/min/m/Kgf/cm²)	Unidade Lugeon (UL)	Coeficiente de Permeabilidade (cm/s)	Condutividade Hidráulica
1º	0,000	0,479	0,000	0,000	0,000E+00	H1
2º	0,002	4,087	0,163	1,631	1,705E-05	H2
3º	0,012	7,777	0,231	2,315	2,420E-05	H2
4º	0,107	3,982	1,389	13,895	1,453E-04	H3
5º	0,002	0,477	1,327	13,267	1,387E-04	H3







Observações