



# Anexo 03

## Relatório infiltração 02

### CEASA

*Cliente: Centrais de Abastecimento de Goiás – CEASA-GO*

*Rodovia BR-153, Km 5,5, Jardim Guanabara, Goiânia-GO.*

# Estudo de infiltração do perfil de solo

## Segundo Estudo

### CEASA – CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DO ESTADO DE GOIÁS

Endereço: Rodovia BR-153, s/n - Jardim Guanabara, Goiânia - GO,  
CEP: 74675-090

		Documento	
		Estudo de infiltração do perfil de solo	
		Identificação	Revisão
		CEASA - M-002	0
Responsáveis Técnicos			
Eng <sup>a</sup> Eufrosina T. Leão Carvalho		CREA-GO: 3.519/D	CONFEA: 100378367-8
Empreendimento		Cliente 	
Empreendimento com finalidade Comercial			
Endereço Rodovia BR-153, s/n - Jardim Guanabara Goiânia - GO CEP: 74675-090			
VER	DATA	DESCRITIVO	ELABORADO
0	29/06/2017	Emissão Inicial	SLC

---

Documento	Identificação	Revisão	Folha
ESTUDO DE INFILTRAÇÃO DO PERFIL DE SOLO SEGUNDO ESTUDO	CEASA – GO – 2º estudo	0	1/40

---

## ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	2
2	OBJETIVOS .....	4
3	PROCEDIMENTOS E METODOLOGIA DE ENSAIO DE CAMPO E LABORATÓRIO.....	4
4	ENSAIO DE CAMPO .....	6
5	ENSAIOS DE LABORATÓRIO E RESULTADOS .....	7
5.1	Ensaio de caracterização e perfil de umidade .....	7
5.2	Ensaio de infiltração em campo .....	14
6	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	21
7	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	22



## 1 INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta o estudo de percolação e infiltração do solo. E, também obtêm outros parâmetros avaliados na área que possibilite a realização de um sistema de drenagem em toda a área da CEASA. O resultado deste estudo orientará o projeto de drenagem de água de chuva com infiltração. Os parâmetros obtidos serão utilizados no redimensionamento de um sistema que podem ser por trincheiras e em caso específico em poços de infiltração para o armazenamento temporário da água de chuva seguido da infiltração de água no solo. O uso desse sistema de infiltração tem como finalidade manter o equilíbrio hídrico das áreas construídas e promover a recarga do lençol freático da região.

A Figura 1 mostra a situação da área dentro do município de Goiânia e detalha a locação dos pontos onde foram perfurados os poços para o ensaio de infiltração. Os laudos de sondagem do empreendimento apresentados não mostram o nível do lençol freático, visto que o mesmo, não foi encontrado até a profundidade de perfuração da sondagem, perfuração variando entre 13,45 a 14,45m, conforme documentação apresentada pelo empreendimento no ANEXO C desse relatório.

A avaliação da capacidade de infiltração do perfil de solo foi feita por meio de ensaios de campo em um poço escavado sendo o primeiro com profundidade de 2,50m e com diâmetro final de 0,22m; o segundo com profundidade de 2,60m e diâmetro 0,21m e; o terceiro poço com profundidade de 2,60m e diâmetro de 0,22m. Dos poços perfurados foram retiradas amostras de solo para ensaio de laboratório para a caracterização do perfil dos solos. Os referidos poços foram executados com trado mecânico motorizado.

Os ensaios de laboratório apresentados foram utilizados para avaliar as características granulométricas do solo em duas profundidades estudadas e foi avaliado também sua capacidade de retenção de água ao longo da profundidade desses perfis. Os dados desses ensaios facilitam a interpretação do perfil, inclusive possibilita uma análise mais segura entre a estrutura do solo e sua capacidade de infiltração de acordo com a categoria.



Figura 1 - Localização dos pontos de ensaio de infiltração e permeabilidade na área da CEASA. (Google Earth: data da imagem: 03/07/2019, acesso: 03/07/2019).

Neste estudo foi escolhido pontos representativos da área. As coordenadas geográficas dos pontos estudados são aproximadamente: Poço 1 -  $16^{\circ}37'22,5''S$  e  $49^{\circ}12'14,29''W$ ; Poço 2 -  $16^{\circ}37'32,16''S$  e  $49^{\circ}12'3,47''W$ ; Poço 3 -  $16^{\circ}37'39,11''S$  e  $49^{\circ}12'2,22''W$  (dados aproximados obtidos do Google Earth em 03/07/2019). A cota altimétrica aproximada da área é em torno de 810m para os três pontos obtidas do levantamento altimétrico do local, documento apresentado pela CEASA.

A área em questão encontra-se localizada em solo cujas características litológicas (rochas que formam o solo) têm origem nas rochas do grupo dos granulitos anfibólio que compreendem basicamente as rochas granulíticas. Os perfis estudados encontram-se localizado no mapa de solos da região de Goiânia da Figura 2. O solo da região é classificado como latossolo vermelho como mostrado em destaque na cor vermelha da legenda do mapa e localização do ponto de teste em campo.

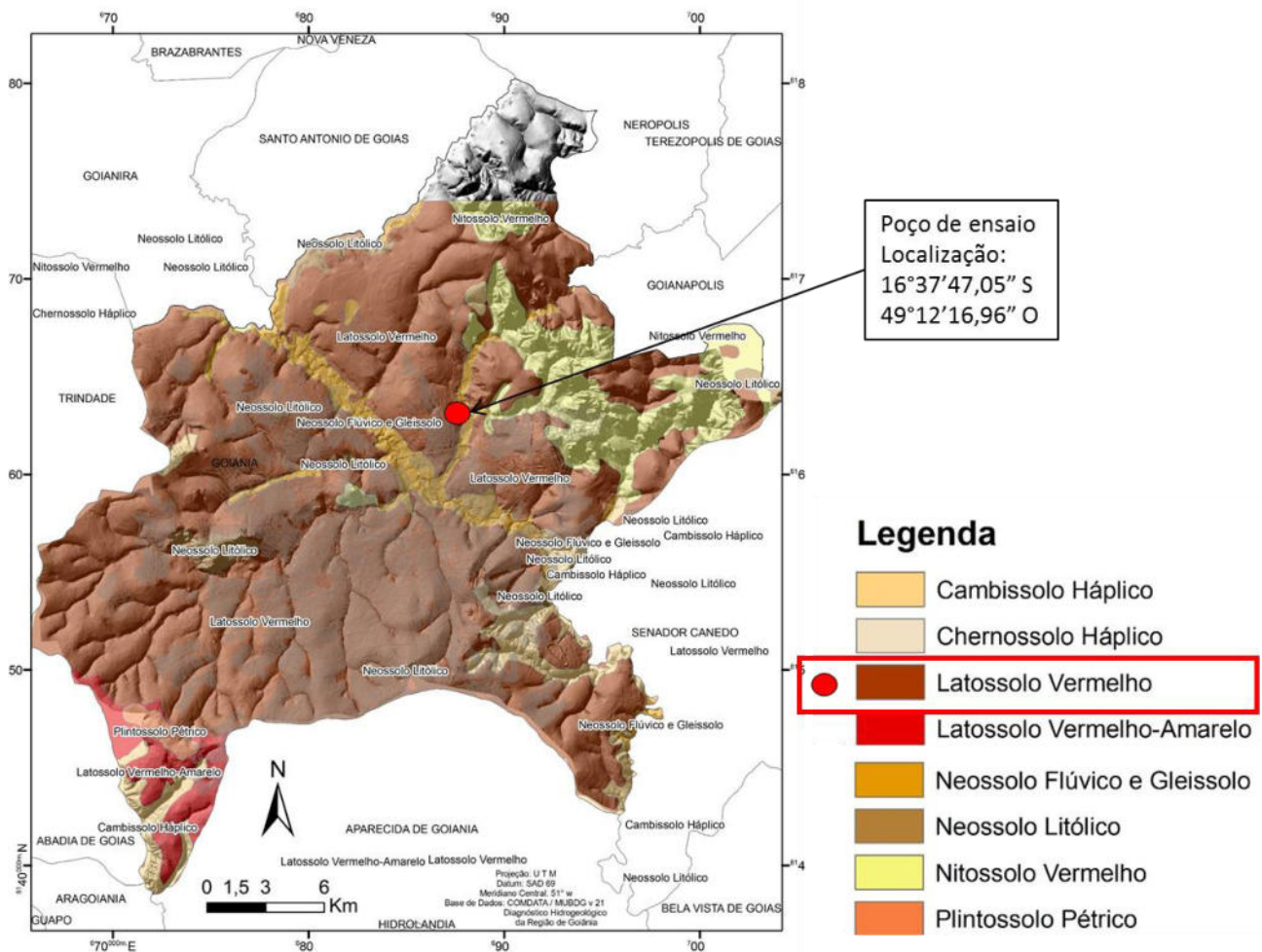


Figura 2 - Mapa de solos de Goiânia com a localização dos três poços de infiltração - Go, modificado de Romão (2009).

## 2 OBJETIVOS

Os objetivos desse estudo é identificar a capacidade de infiltração e permeabilidade do perfil de solo e dimensionar uma rede de drenagem com infiltração utilizando principalmente as trincheiras e nos casos especiais os poços de infiltração. No dimensionamento serão obedecidos os parâmetros profundidade máxima das estruturas, de acordo com a norma que regulamenta os sistemas de reservação e infiltração de Goiânia através da Lei n. 5.984/2014.

## 3 PROCEDIMENTOS E METODOLOGIA DE ENSAIO DE CAMPO E LABORATÓRIO

Nesta etapa, são apresentados os procedimentos para os ensaios de permeabilidade e infiltração em campo. Os estudos são subsidiados pelos ensaios de laboratório do material local, que identificam as características do perfil do solo como: perfil de umidade, densidade dos grãos e granulometria do

material floculado e defloculado. As amostras para os ensaios de caracterização foram retiradas dos mesmos furos utilizados para o ensaio de infiltração *in loco*.

Utilizando a metodologia de teste em poços de diâmetros maiores foi executado um poço a trado, cujas profundidades finais são de 2,20m para o primeiro poço, perda de material de 12%, 2,40m para o segundo poço, perda de material de 7,50%, aproximadamente; e, o terceiro poço com profundidade de 2,40m, registrando uma perda de 7,70%. Essas perdas são originadas pelo lançamento de água no poço ou pela própria perda de material do solo. As profundidade finais são adequadas às condições do perfil variando entre as estações de chuva e seca da região, considerada região ativa para os processos de molhagem e secagem durante o ano em solos em processo de intemperização.

Para analisar os perfis de umidade natural do solo local, durante a escavação dos poços de ensaio, foram retiradas amostras deformadas a cada 0,5m de profundidade resultando em 5 amostras ao todo. E ensaios de granulometria floculada e defloculada para as profundidades de 1,0 e 2,0m de profundidade com as respectivas massas específicas dos sólidos do solo.

O teste de infiltração foi realizado nos poços com um processo contínuo de enchimento e esvaziamento, por três vezes, todos os dados serão computados para a avaliação média do perfil de permeabilidade e infiltração do solo. O rebaixamento do nível d'água no poço foi medido por um sensor de nível d'água de alta precisão com capacidade de registrar uma coluna d'água de até 9,0m de altura. O sensor também possibilita a leitura de tempo e temperatura durante todo o ensaio. Com os dados da leitura do sensor foi possível calcular a permeabilidade e capacidade de infiltração do solo ao longo dos perfis podendo ser avaliado de ponto a ponto em relação a profundidade desse perfil, informações que podem ser relevantes para balizar o projeto de controle de águas pluviais na área.

Nos projetos dos sistemas de infiltração devem ser considerados o nível d'água na estação chuvosa e a combinação das superfícies de drenagem, topografia e formação da geologia e, formação do solo.

Além, das observações na área, das instalações já existente, bem como as expansões previstas que podem reorientar os fluxos da água sobre o levantamento plano altimétrico. O estudo minucioso dos resultados dos ensaios de campo e laboratório ajudarão na definição do sistema de drenagem e infiltração. A seguir, serão descritas todas as metodologias utilizadas em maior detalhe e serão apresentados os

#### 4 ENSAIO DE CAMPO

O ensaio de permeabilidade foi calculado, tendo como princípio, a metodologia adotada pela ABGE/1996, e o ensaio de infiltração foi calculado levando em conta o volume infiltrado, considerando como área disponível para a infiltração que vai reduzindo à medida que a água infiltra nas paredes e no fundo do poço, dados medidos a cada 10s. As duas metodologias anteriores, permitem calcular tanto a permeabilidade como a taxa de infiltração em todos os pontos da profundidade do poço. Os procedimentos de avaliação da permeabilidade e infiltração obedeceram aos seguintes critérios:

- inundação do poço três vezes no dia do teste, para simular a estação chuvosa que corresponde às menores taxas de infiltração do solo;
- completo enchimento dos poços e estimativa de volume necessário para seu enchimento levando em conta que a infiltração no poço inicia simultaneamente com o enchimento dos poços;
- medidas contínuas do rebaixamento de água no poço em relação ao tempo utilizando o sensor de pressão hidrostática convertida em altura de coluna d'água em relação ao tempo, e, também foi avaliada a temperatura da água durante o ensaio;
- cálculo da taxa de infiltração e coeficiente de permeabilidade em campo do perfil de solo em relação à profundidade.

A Figura 3, sem escala, mostra esquematicamente o cenário das etapas dos ensaios de campo. Na primeira etapa foi feita a abertura do poço com a retirada de amostra para avaliar o perfil de umidade e granulometria do solo floculado e defloculado por meio dos ensaios de laboratório. A segunda etapa consiste no teste de infiltração no poço em campo.



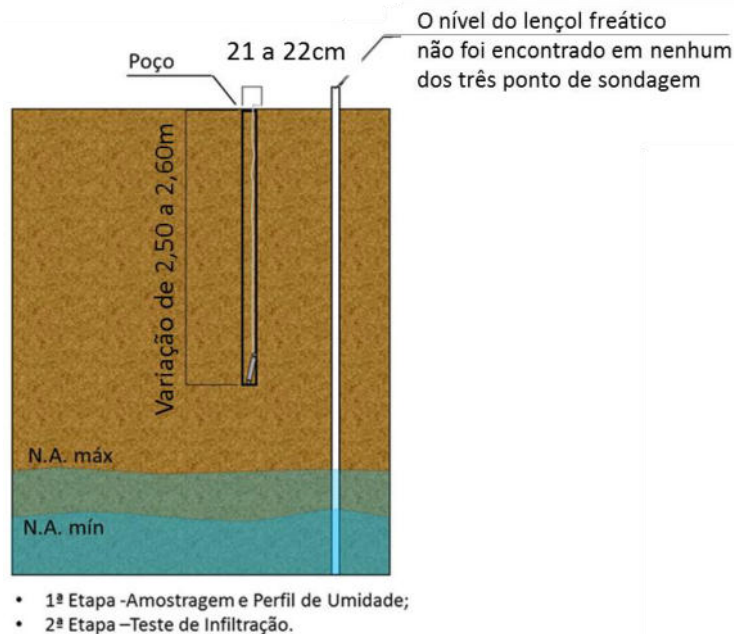


Figura 3 - Cenário de ensaio sem escala: Poço com a retirada de amostras de solo e avaliação da permeabilidade e infiltração do perfil do solo em campo com a localização do N.A. local.

## 5 ENSAIOS DE LABORATÓRIO E RESULTADOS

### 5.1 Ensaio de caracterização e perfil de umidade

O estudo foi realizado na área com terreno natural. O perfil de umidade do solo foi obtido pela Norma Brasileira, NBR 6457/86 até a profundidade ensaiada, 2,0m. A umidade do perfil variou de 16,8 % a 0,50m de profundidade até 21,9% na profundidade de 2,0m, a partir por apresentar solo com maior granulometria mostrou-se com menor capacidade de reter água e a umidade passa para 19,8%. A profundidade do poço de ensaio é de 2,70m.

Na Figura 4 é apresentado as amostras das cinco profundidades para o ensaio de umidade natural do perfil do solo.



Figura 4 - Grupo das 5 amostras para avaliar a umidade sendo duas unidades para cada ponto.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra a variação da umidade em relação à profundidade do solo dos solos dos furos P1, P2 e P3.

Os solos possuem umidade variando entre 15 e 23 %, onde o solo 1 possui umidade que varia com a profundidade e os outros dois tem uma pequena variação intermitente com a profundidade. O poço 2 apresenta uma maior capacidade de infiltração na profundidade de 1,5, possivelmente por apresentar uma granulometria mais aberta nesta profundidade. Já o solo do poço 3 isso ocorre na profundidade de 2,0m.

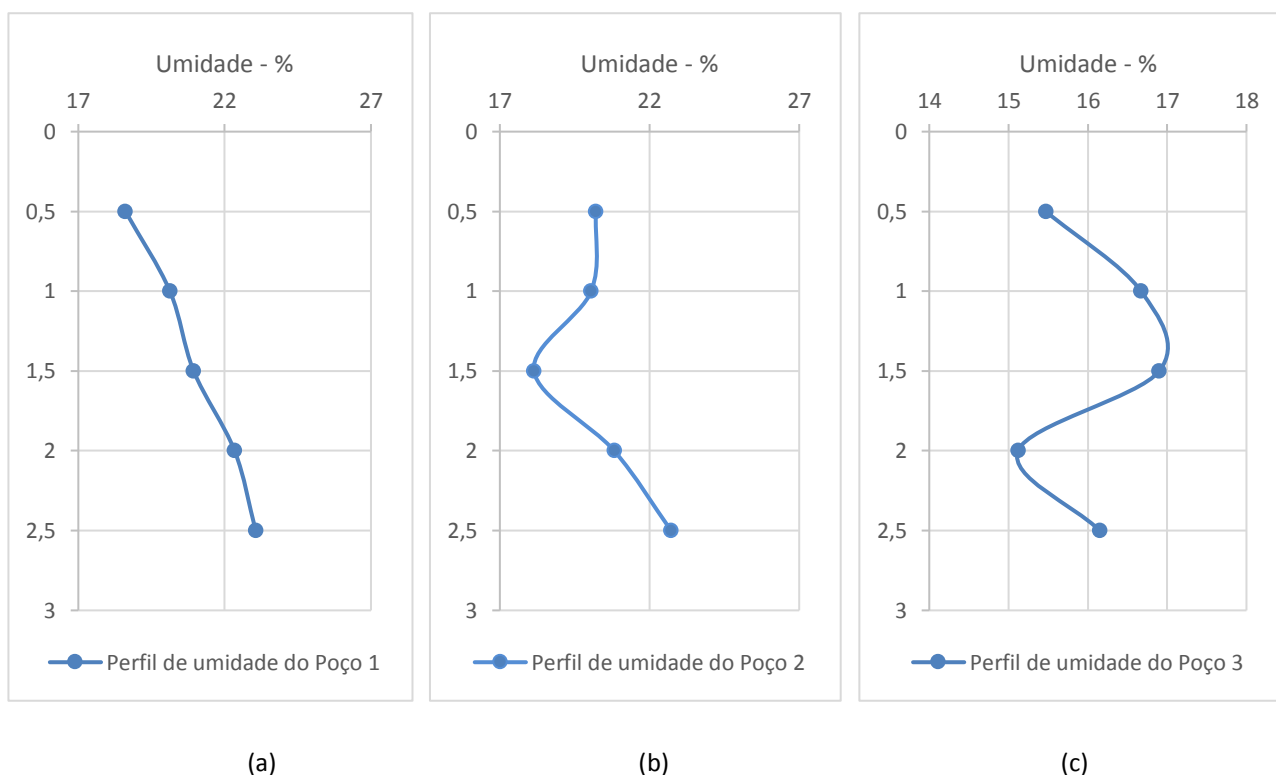


Figura 5 - Poço 1 - Perfil de umidade do solo e profundidade do poço ensaiado

A preparação das amostras para o ensaio ocorre com a processo de secagem das amostras no laboratório, etapa de preparação da amostra previsto pela Norma Brasileira, NBR 6457/86 para os ensaios de granulometria do solo.

Inicialmente as amostras são expostas ao em um ambiente para a secagem ao natural. Após atingir umidade de equilíbrio higroscópico, essas amostras passaram por processo de destorroamento e quarteamento, conforme orientações da Norma Brasileira, NBR 6457/84.

Na sequência, foram obtidas as amostras representativas e foram pesadas, totalizando massa individual em torno de 1000 gramas, submetidas na sequência pelo processo de peneiramento na malha 2,0mm.

Da fração passante na malha 2,0 mm foram retiradas 03 cápsulas para determinação da umidade higroscópica (para cada composição); duas amostras com massa de 50 gramas (cada) para realização do ensaio de massa específica dos sólidos, conforme a NBR 6508/84 e de duas amostras com massa de 70 gramas (cada), para ensaio de análise granulométrica por sedimentação (com e sem defloculante) e finalmente as amostras são submetidas ao peneiramento fino conforme prescrito na NBR 7181/84.

As frações de amostra que ficaram retidas na malha 2,0mm foram submetidas ao processo de lavagem dentro da peneira, secagem em estufa, finalizando com o peneiramento mecânico, para determinação e identificação do teor de pedregulho.

A Figura 6 apresenta em (a) grupo de provetas mostrando os ensaios de sedimentação das amostras de 1,0 m e 2,0m de profundidade nos processos floculados e defloculados, a série de provetas mostrando a sedimentação do material nas diversas fases, com e sem defloculante, e nas duas profundidades da granulometria, em (b) o processo de pesagem dos balões que avaliam a densidade seca do solo; em (c) resultado do peneiramento das partículas com diâmetro acima das areias. procedimento de retirada de ar dos balões de massas específicas dos sólidos do solo.



(a)



(b)



(c)

Figura 6 – Procedimentos para os ensaios de laboratório: (a) grupo de provetas mostrando os ensaios de sedimentação das amostras de 1,0 e 2,0 m de profundidade nos processos floculados e defloculados peneiramento da parte grossa; (b) peneiramento de partículas (c) diâmetro das partículas nas profundidades estudadas.

Na sequência dessa análise laboratorial, foram realizados os ensaios de massa específica dos sólidos conforme recomenda a Norma Brasileira, NBR 6508/84, nas duas profundidades e os resultados são apresentados na Tabela 1 para a profundidade de 1,0 e 2,0m. Todos os solos apresentaram densidade de grãos chegando até a  $28,49 \text{ KN/m}^3$ , consideradas elevadas. Isso mostra uma maior concentração

de óxido de ferro nas amostras. A presença do óxido de ferro é um dos elementos que promovem o intemperismo químico dos solos.

Tabela 1 - Tabela de densidade do solo dos poços 1, 2 e 3.

Massa específica do perfil estudado			
N. DO POÇO	Profundidade (m)	Densidade dos grãos (KN/m <sup>3</sup> )	Densidade dos grãos (Kgf/m <sup>3</sup> )
POÇO 1	1,0	27,81	2,781
	2,0	27,44	2,744
POÇO 2	1,0	28,49	2,849
	2,0	27,79	2,779
POÇO 3	1,0	27,38	2,738
	2,0	27,52	2,752

As frações da amostra fina, destinada à investigação da composição granulométrica (fração que passou na peneira 2,0 mm), foram submetidas à adição de solução defloculante (hexametáfosfato de sódio) para verificação de sedimentação do solo com solução dispersora e as amostras foram também analisadas sem o uso de dispersor. O processo de sedimentação foi realizado com ambas as investigações granulometria (com e sem o uso de solução dispersora).

Após a conclusão do ensaio de sedimentação, iniciou-se a etapa do ensaio de análise granulométrica por peneiramento do material fino, ou seja, aquele utilizado na sedimentação, seguindo as orientações da NBR 7181/84.

A Figura 7 mostra para o poço 1 que a granulometria em 1,0m de profundidade passa de um solo arenoso quando analisado sem defluculação para um solo argiloso quando floculado. Em 2,0m esse solo apresenta-se siltoso sem defluculação e quando defloculado torna-se bastante argiloso.

Para o poço 2 em 1,0m e 2,0m, o solo apresenta granulometria bem parecidas, é um solo siltoso e quando defloculado a presença da argila vem da defluculação do silte, basicamente. Esse solo é o que apresentou maior índice de pedregulho dos três solos.

para Na profundidade de 1,0m, o perfil apresentou granulometria bem distribuída em tamanho das partículas. O perfil nessa profundidade, se classificam como uma areia silte argilosa quando analisada sem defloculante e o mesmo ocorre quando analisada com defloculante.

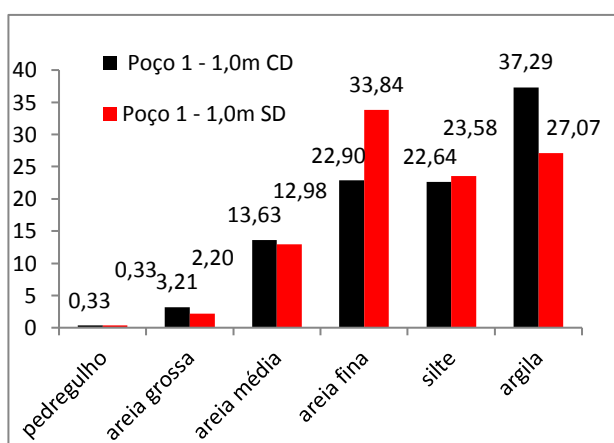
Em 2,0m de profundidade o solo apresentou bastante siltoso quando analisado sem o defloculante e com defloculante passa a ser um solo areno argilo siltoso, com as partículas de argila floculados no tamanho das partículas de silte. Na profundidade de 2,0m o solo apresentou um maior grau de intemperismo pelas características das curvas granulométricas analisadas com e sem defloculante.

O perfil, até a profundidade estudada, é relativamente homogêneo e possui uma boa distribuição granulométrica com boa capacidade de infiltração.

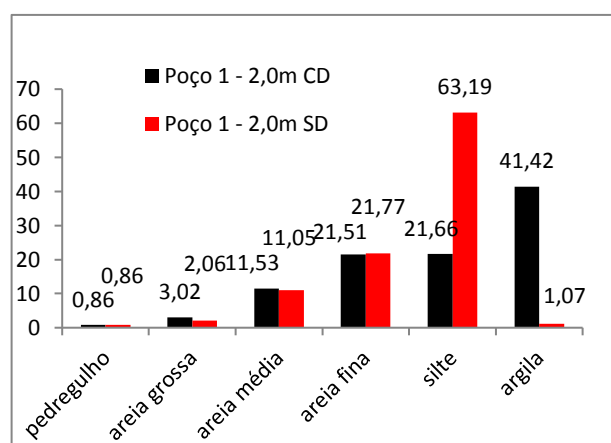
Os valores numéricos das porcentagens de cada um dos materiais encontrados no perfil do solo estão relacionados na Tabela 2 e para melhor visualização das frações encontradas os resultados da granulometria também são apresentados graficamente e curvas granulométricas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 2- Porcentagem dos materiais encontrados no perfil de solo do poço. (data: 25/05/2017).

Profundidade (m)	Solo do Poço 1				Solo do Poço 2				Solo do Poço 3			
	1,0		2,0		1,0		2,0		1,0		2,0	
Processos de ensaio	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD	CD	SD
Argila	37,29	27,07	41,42	1,07	37,86	1,09	36,44	1,09	35,94	21,37	32,69	2,18
Silte	22,64	23,58	21,66	63,19	26,30	62,66	23,18	63,33	20,22	23,84	19,71	50,46
Areia fina	22,90	33,84	21,51	21,77	22,47	22,28	19,70	16,18	20,87	34,24	19,40	24,02
Areia média	13,63	12,98	11,53	11,05	8,67	8,67	9,46	8,51	16,78	16,57	17,66	16,25
Areia grossa	3,21	2,20	3,02	2,06	1,89	1,89	3,31	2,62	5,25	3,04	6,77	3,32
Pedregulho	0,33	0,33	0,86	0,86	2,81	2,81	8,18	8,18	0,94	0,94	3,77	3,77



1,0m



2,0m

Figura 7 - Gráfico com resultado dos materiais da amostra de 1,0m e 2,0m no poço 1.

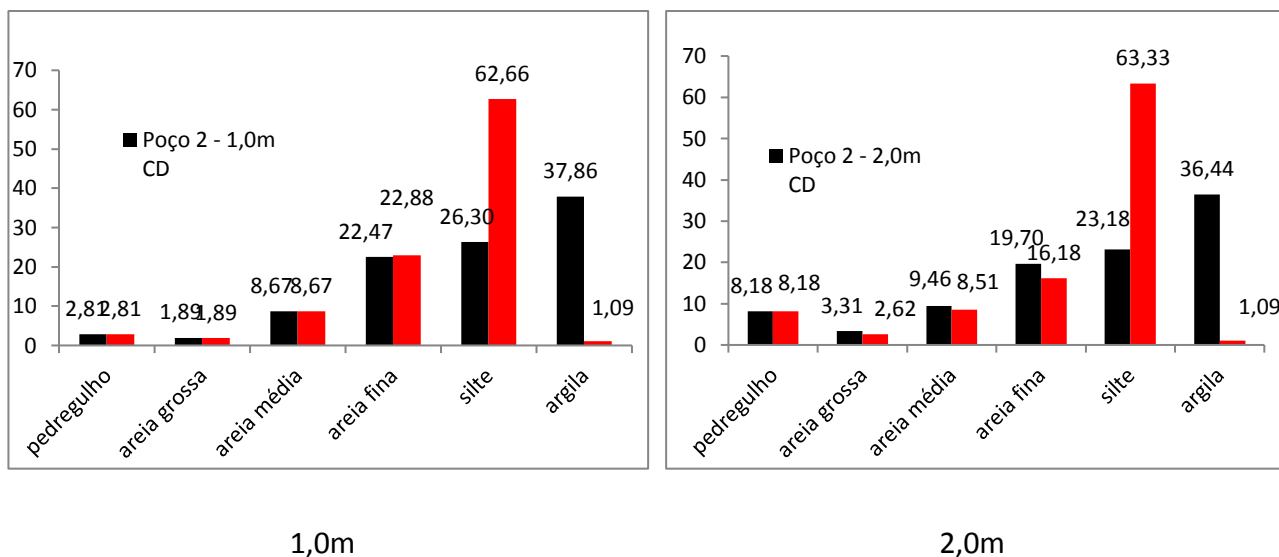


Figura 8 - Gráfico com resultado dos materiais da amostra de 1,0m e 2,0m no poço 2.

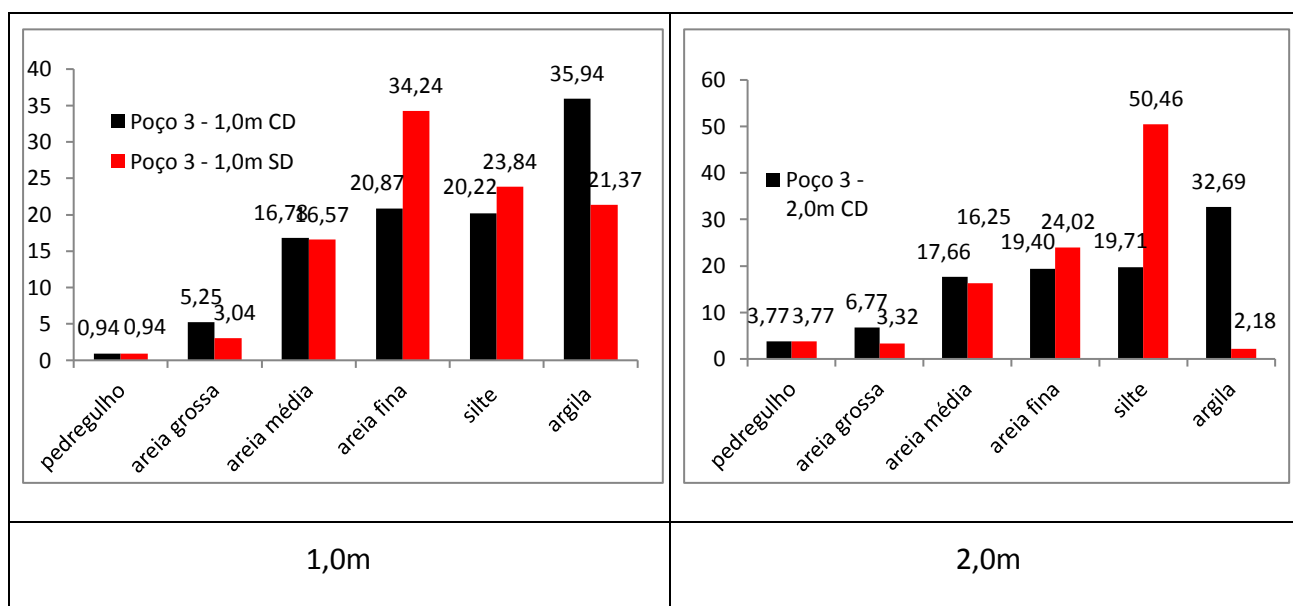


Figura 9 - Gráfico com resultado dos materiais da amostra de 1,0m e 2,0m no poço 3.

As curvas granulométricas são apresentadas na Figura 10 para o solo do poço 1, na Figura 11 para o poço 2 e na Figura 12 para o poço 3. Os solos apresentam os dois resultados de granulometria para os perfis, com e sem floculação para as análises no estado natural ou floculado.

Uma das formas de caracterizar o menor ou maior grau de intemperismo aparecem nas curvas granulométricas do solo quando analisado comparando as curvas granulométricas floculadas e defloculadas. Na figura as curvas marcadas em preto representam o diâmetro das partículas defloculadas e as marcadas em vermelho o real diâmetro das partículas floculadas na condição natural do solo. Na situação de solo natural é condição que proporciona maior capacidade de

infiltração do solo. Essa condição de floculação deverá ser mantida ao ser mantida a qualidade da água infiltrada. São defloculante do solo natural os produtos de limpeza de uso diário na lida.

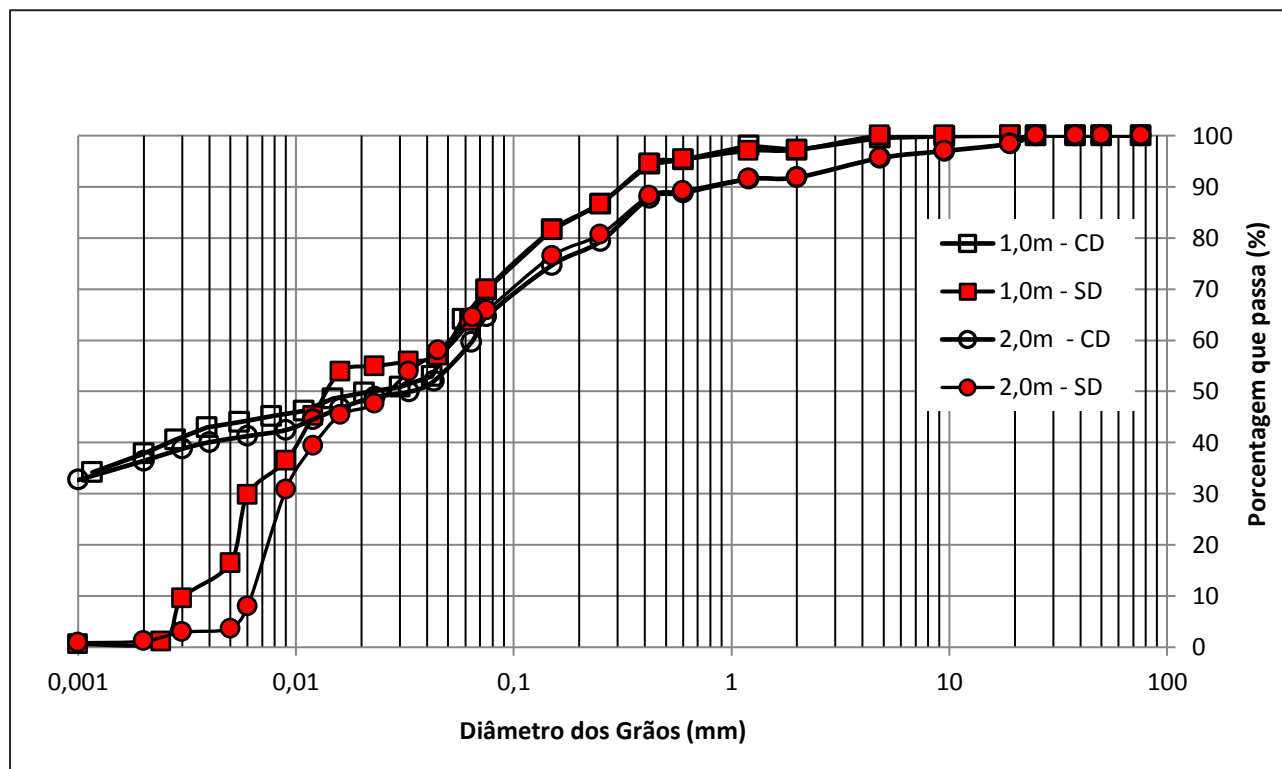


Figura 10 - Curvas Granulométricas da profundidade de 1,0 e 2,0m de profundidade do poço 1

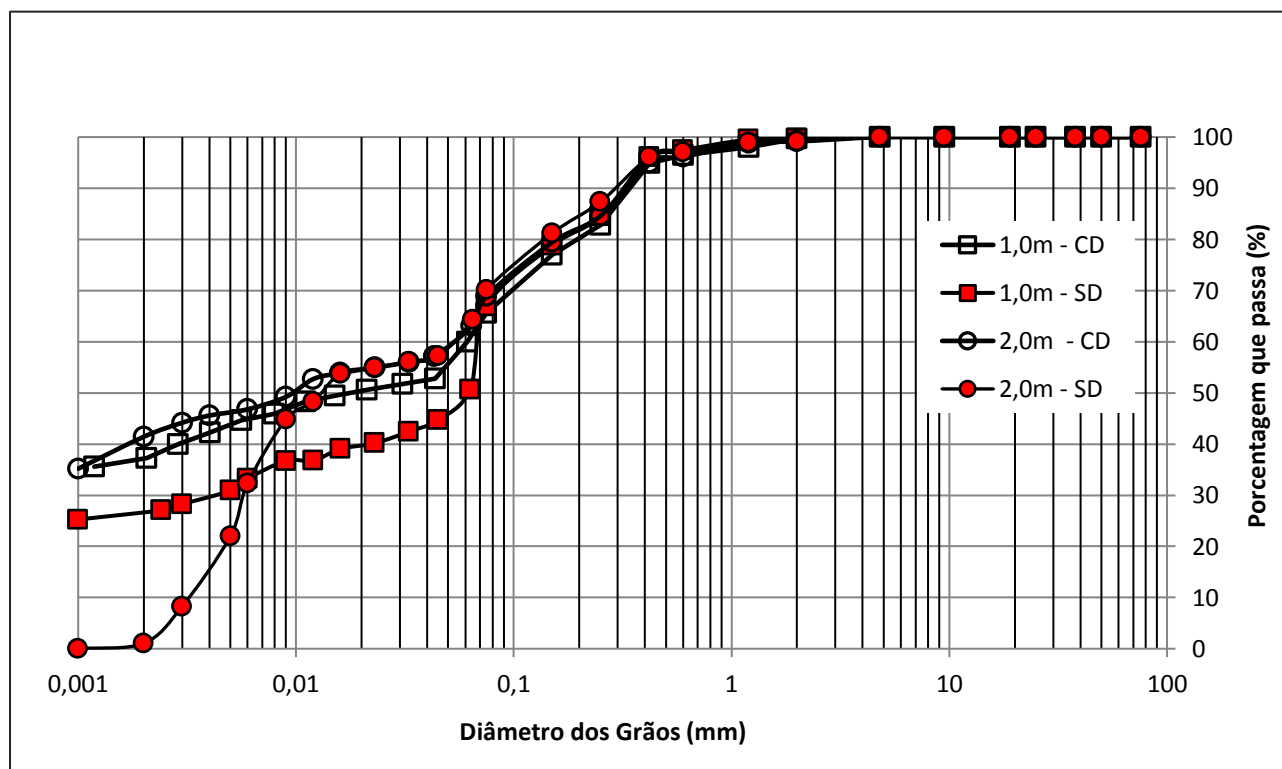


Figura 11 - Curvas Granulométricas da profundidade de 1,0 e 2,0m de profundidade do poço 2



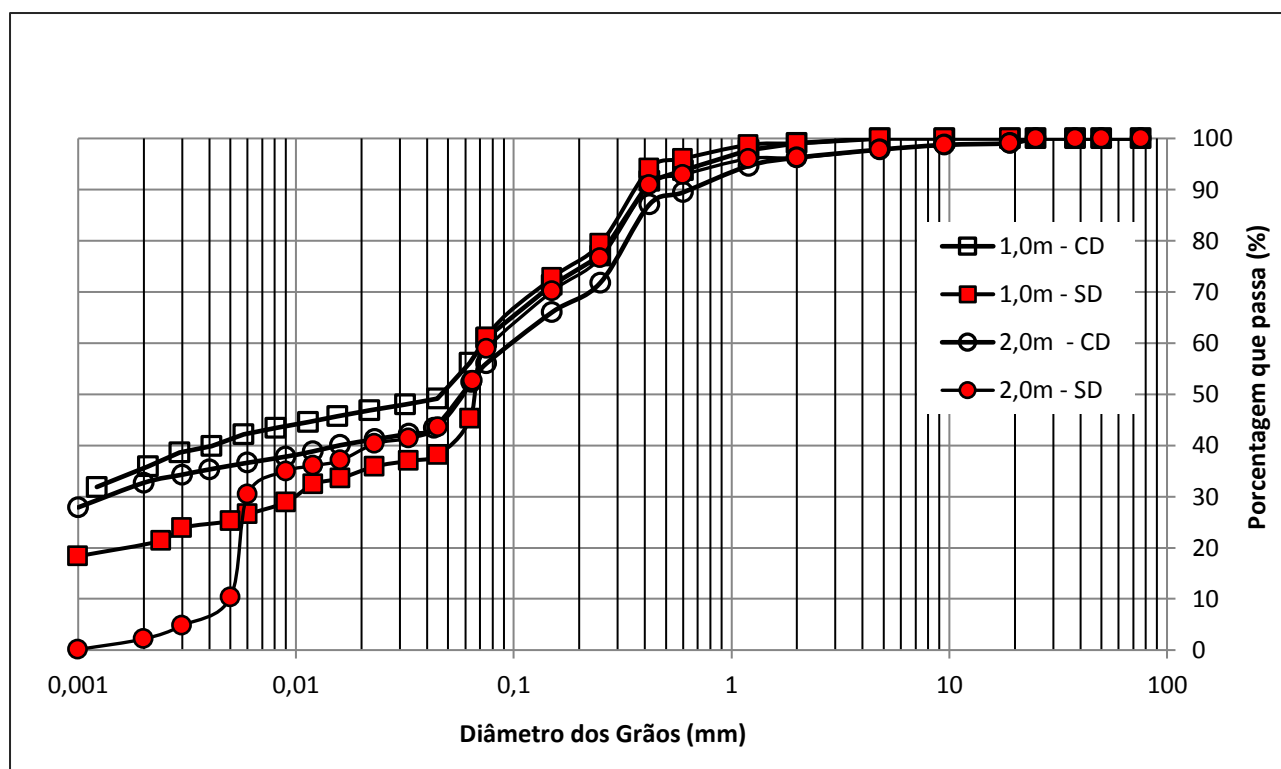


Figura 12 - Curvas Granulométricas da profundidade de 1,0 e 2,0m de profundidade do poço 3

## 5.2 Ensaios de infiltração em campo

Nesta seção são apresentados os resultados dos ensaios de campo para análise do perfil estudado quanto à sua capacidade de infiltração e serão também apresentados os resultados dos testes de permeabilidade dos três solos.

O ensaio de infiltração e permeabilidade do poço foi feito com inundação por três vezes no dia do teste, simulando a estação chuvosa, momento em que os sistemas de infiltração são solicitados ao processo de infiltração para o controle das águas pluviais.

O poço foi abastecido até o nível do terreno e iniciou-se o rebaixamento da água no mesmo, simulando um ensaio sob carga variável característico do ensaio proposto. Foi feita uma estimativa do volume de água consumido durante o enchimento dos poços e depois foram feitas medidas contínuas do rebaixamento da água em relação ao tempo e variação de temperatura do líquido, medidos a cada 10s. A medida de rebaixamento da água no poço foi feita utilizando sensor de pressão hidrostática de alta precisão. O sensor de nível d'água no poço é do tipo linígrafo com capacidade de registrar entre 0 e 9 m de coluna d'água.



A Figura 13 mostra em a) o poço de infiltração, em b) o sensor de pressão hidrostática e em (c) a configuração das curvas de infiltração do solo.

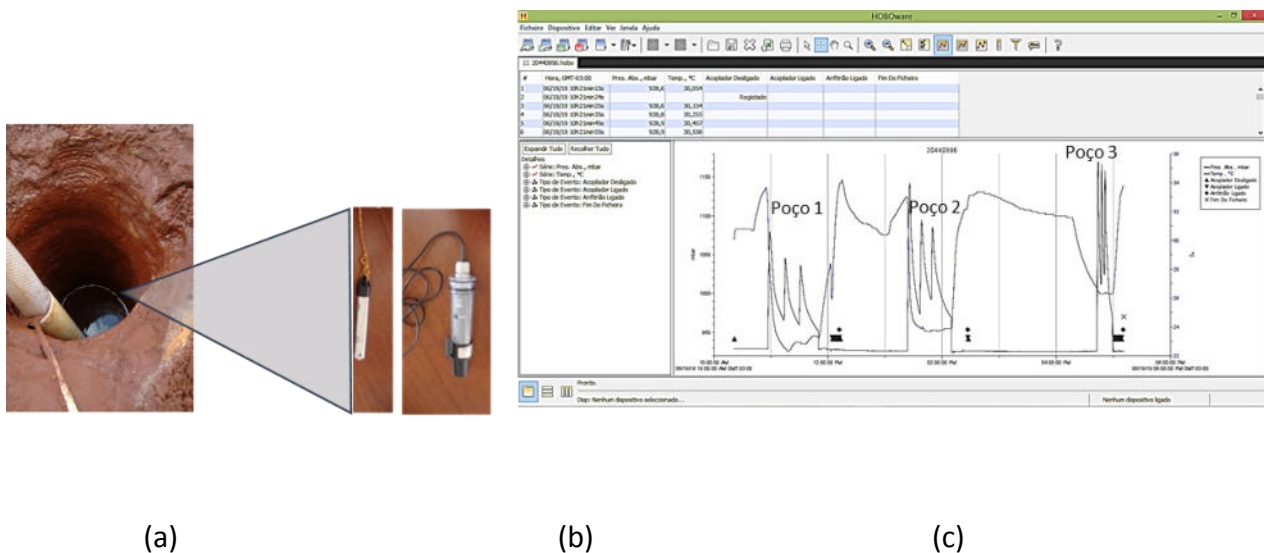


Figura 13 – Equipamentos utilizados para monitoramento dos poços: (a) vista do ensaio de infiltração no poço e sensor de nível d'água e equipamentos de transferência de dados com a leitura dos dados de campo para os três poços; (b) imagem do comportamento de infiltração nos três poços.

Os testes de infiltração em campo ocorreram em uma bateria de ensaios em 19/06/2019 com três enchimentos consecutivos, registro do tempo e volume de enchimento seguido do esvaziamento dos poços. Simultaneamente, o tempo foi medido e as variações de temperatura. Os resultados dos testes são apresentados a seguir registrando a dinâmica de enchimento e esvaziamento do poço. Os registros foram feitos por meio de sensores de pressão hidrostática, cujos dados permitiram calcular as curvas de permeabilidade e infiltração do perfil completo do poço ensaiado.

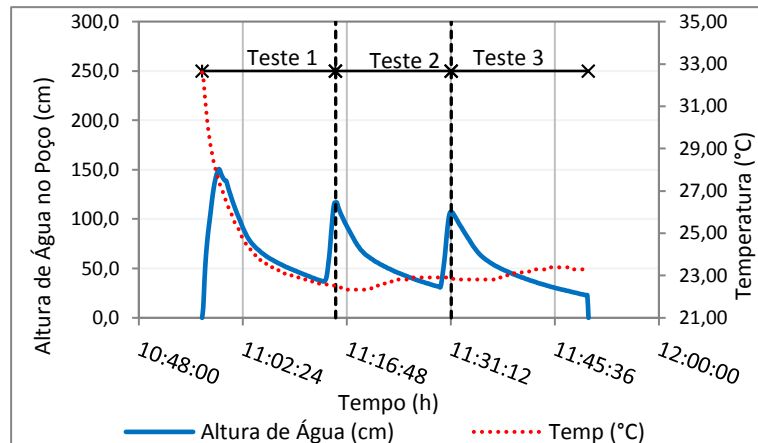
A seguir serão apresentadas as curvas dos dados dos sensores e as curvas de permeabilidade e infiltração calculadas para os perfis analisados.

A curva na cor azul indica a variação do nível d'água no poço (enchimento e esvaziamento). A curva na cor vermelho marca a variação da temperatura da água durante o ensaio. O ensaio foi realizado em dia de sol sem registro de chuva nas últimas horas. A temperatura da água do ensaio variou em média entre 22 e 26°C no interior do poço. A maior temperatura ocorreu no poço 3 pois foi ensaiado mais no final da tarde. Os dados do ensaio do poço de infiltração em campo, são apresentados na Figura 14.

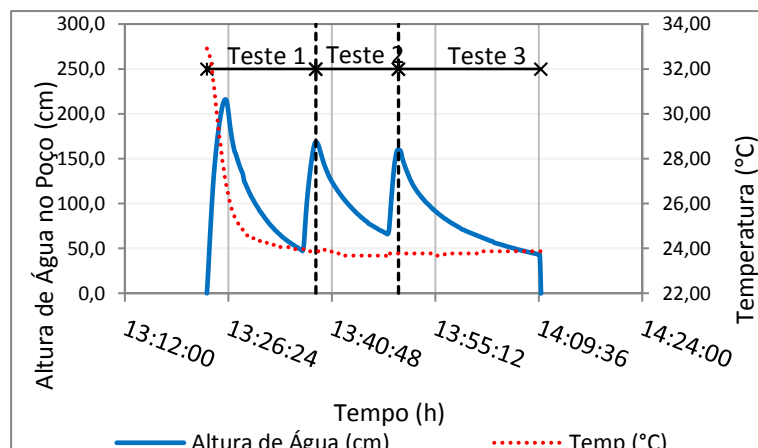
A figura apresenta os três ciclos de enchimento e esvaziamento do poço de infiltração, cujas medidas foram tomadas pelo sensor de pressão hidrostática. Na figura é possível observar que o terceiro ciclo

apresenta uma leve demora na infiltração da água no solo, isso se justifica porque enquanto mais encharcado estiver o solo, mais lenta será a infiltração. A infiltração de água numa superfície ocorre em resposta a percolação da água no maciço do solo e vice-versa.

## POÇO 1



## POÇO 2



## POÇO 3

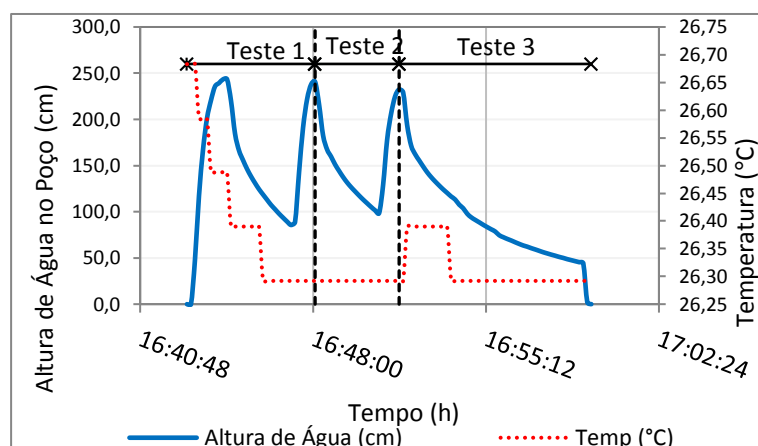


Figura 14 - Ensaio do poço de infiltração em campo com as leituras do linígrafo para os poços 1, 2 e 3.

As Figura 16(a) e Figura 16(b), apresentam a variação do perfil de permeabilidade e infiltração do solo durante o teste de campo no poço 1 para os ciclos (testes) 1, 2 e 3. De acordo com as curvas, registrou-se um pequeno ressecamento de superfície do solo, com um maior índice de permeabilidade e de infiltração até 1,0m de profundidade, também é justificado por estar o solo submetido à maior carga hidráulica.

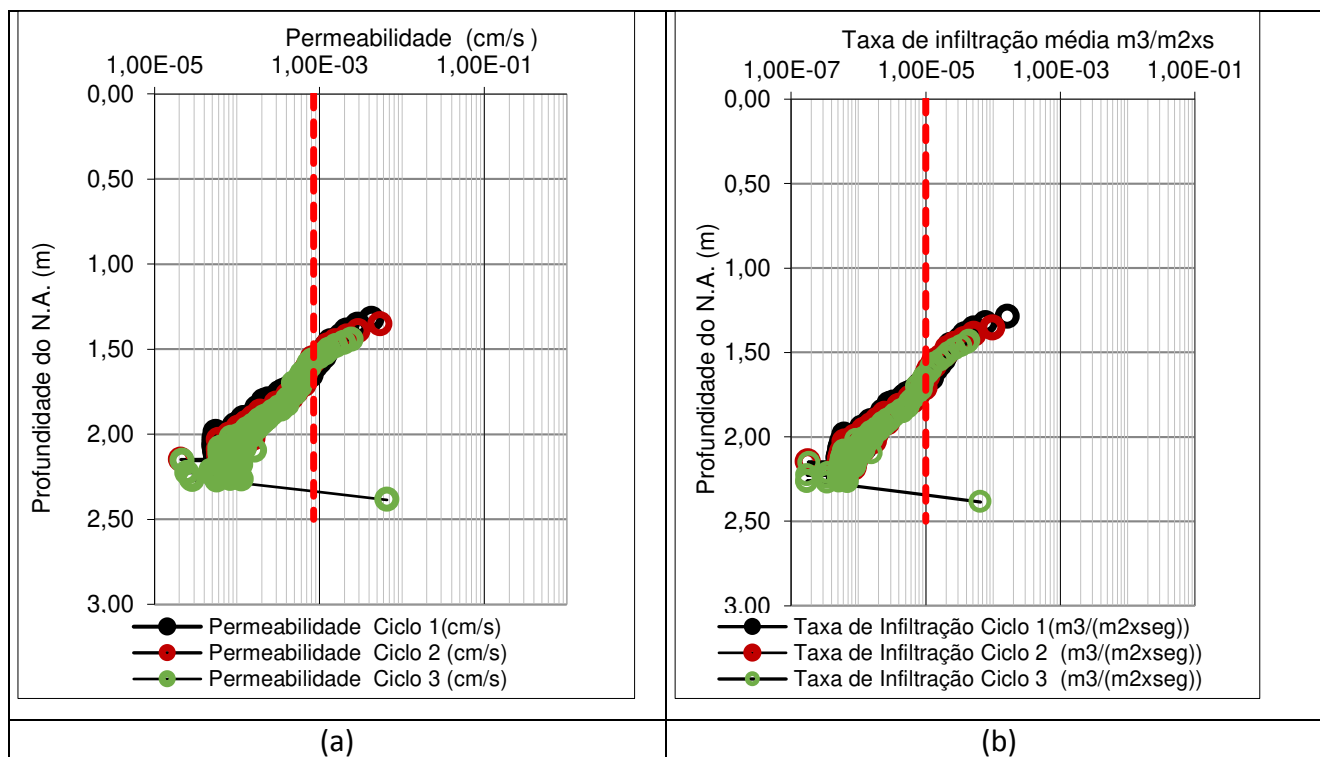


Figura 15 - Em (a) perfil de permeabilidade e em (b) perfil de infiltração do poço 1.

As Figura 16(a) e Figura 16(b), apresentam a variação do perfil de permeabilidade e infiltração do solo durante o teste de campo no poço 2 para os ciclos (testes) 1, 2 e 3. De acordo com as curvas, registrou-se um pequeno ressecamento de superfície do solo, mas menor do que para o solo do poço 1, com um maior índice de permeabilidade e de infiltração até 1,0m de profundidade, também é justificado por estar o solo submetido à maior carga hidráulica.

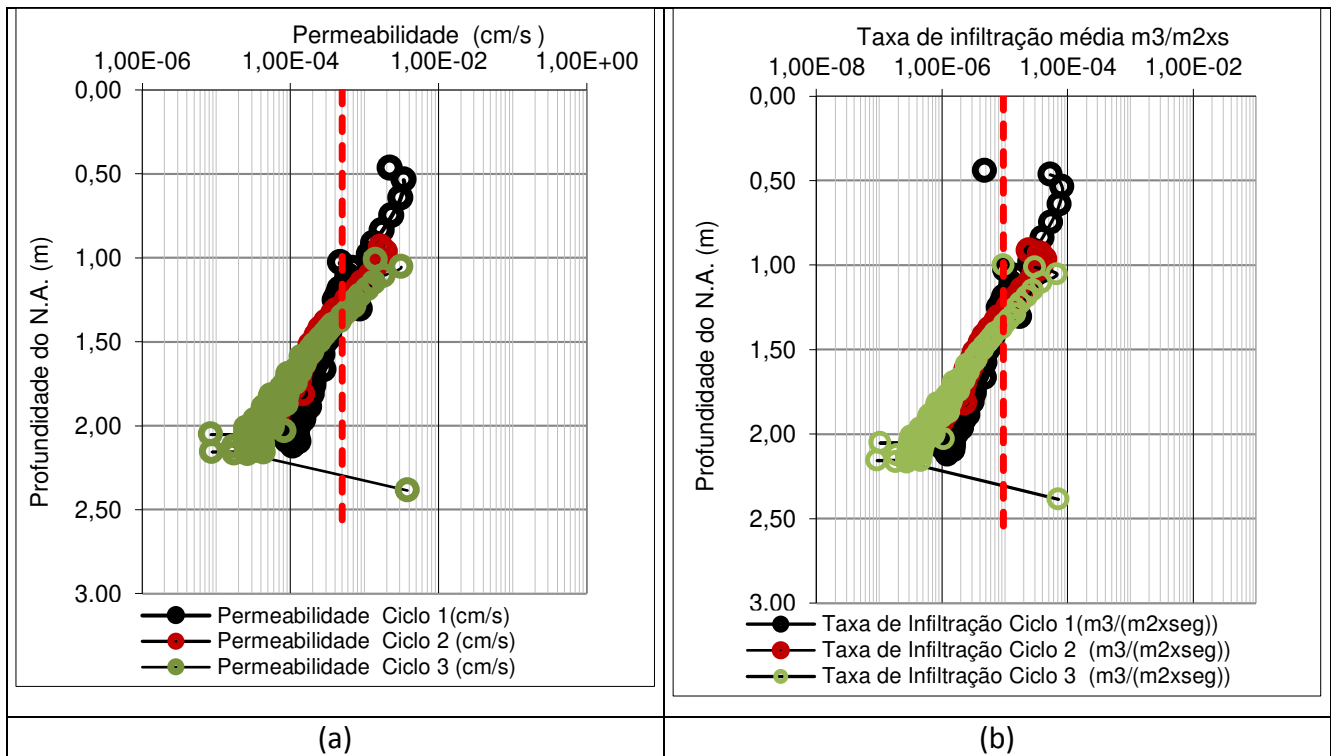


Figura 16 - Em (a) perfil de permeabilidade e em (b) perfil de infiltração do poço 2.

As Figura 17(a) e Figura 17(b), apresentam a variação do perfil de permeabilidade e infiltração do solo durante o teste de campo no poço 3 para os ciclos (testes) 1, 2 e 3. De acordo com as curvas, registrou-se um pequeno ressecamento de superfície do solo, com um maior índice de permeabilidade e de infiltração até 1,0m de profundidade, também é justificado por estar o solo submetido à maior carga hidráulica. Idem ao caso anterior em relação à permeabilidade e infiltração superficial

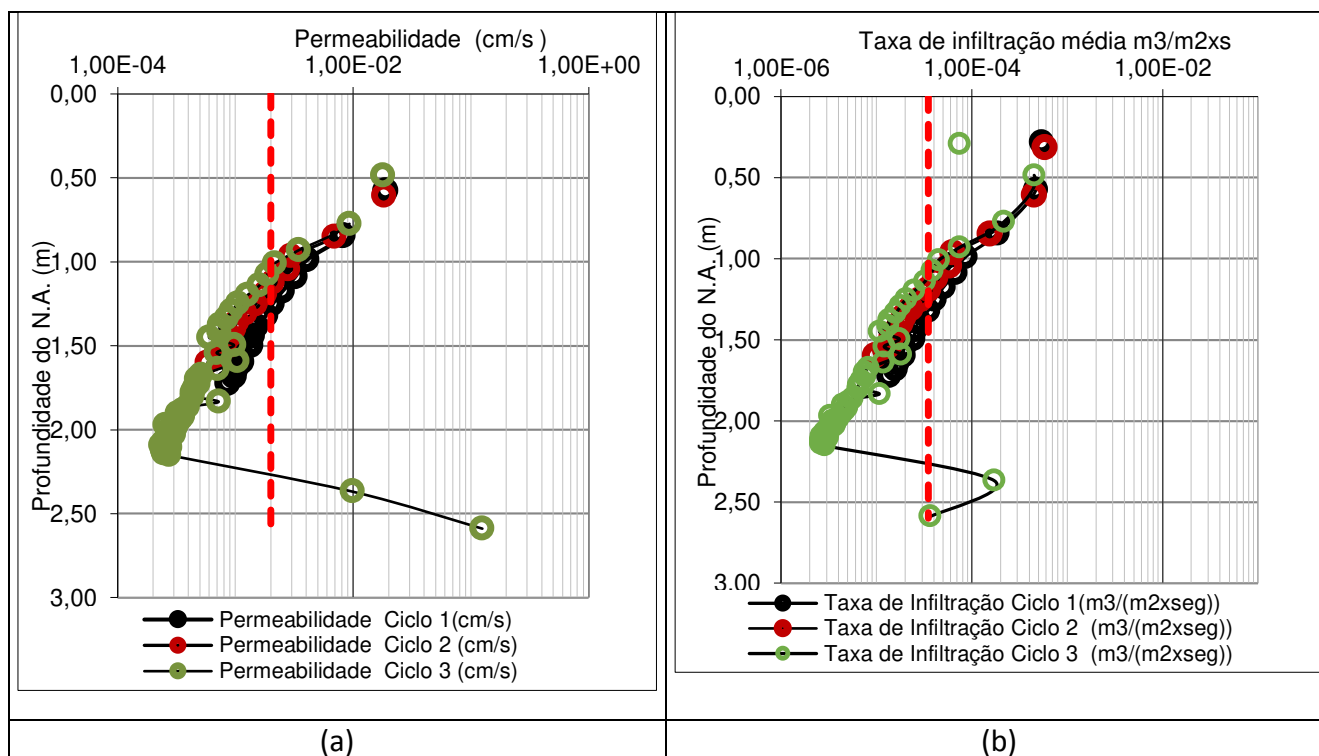


Figura 17 - Em (a) perfil de permeabilidade e em (b) perfil de infiltração do poço 3.

Os valores numéricos relativos às taxas de infiltração e permeabilidade médias encontrados nos gráficos da Figura 16, Figura 16, Figura 17, letras (a) e (b) e os valores numéricos médios das taxas de infiltração e permeabilidade são apresentados na Tabela 3. De acordo com esses valores, pode-se dizer que os poços apresentaram resultados com boa repetibilidade do ensaio, também mostrou que à medida que ciclo repete há uma redução mínima na capacidade de infiltração do solo pelo processo de encharcamento do perfil como mencionado anteriormente. De modo geral e pelas condições do maciço, os solos possuem de boa a excelente capacidade de infiltração, e devem ser utilizados para a instalação de sistemas de infiltração como trincheiras e/ou poços de infiltração para o controle de águas pluviais urbanas das edificações envolvidas.

Baseados nos valores médios do poço, os resultados apresentados conferem ao perfil de solo uma permeabilidade como ocorre com a permeabilidade de areias. A Tabela 3 apresenta os resultados dos testes com a medida do volume de água consumidos nos três ciclos ensaiados e, as taxas médias de infiltração e permeabilidade do poço.

Tabela 3 – Resumo dos ensaios do poço com registro de consumo de água taxa de infiltração e permeabilidade médias para o poço.

Poço	Testes (ciclos)	Volume de água (litros)	Taxa de infiltração média (ensaio de campo) (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .s)	Permeabilidade média (ensaio de campo) (cm/s)
Poço 1	1º teste	43,30	1,0x10 <sup>-5</sup>	8,57x10 <sup>-4</sup>
	2º teste	32,58		
	3º teste	32,16		
Poço 2	1º teste	58,36	9,50x10 <sup>-6</sup>	5,0x10 <sup>-4</sup>
	2º teste	35,54		
	3º teste	40,49		
Poço 3	1º teste	59,98	3,50x10 <sup>-5</sup>	2,0x10 <sup>-3</sup>
	2º teste	54,05		
	3º teste	71,54		

Os poços de teste apresentaram profundidades como se segue: P1= 2,20m, P2= 2,40m e P3= 2,40m no final do ensaio significando uma perda de 12,0% para o primeiro poço e de 7,69% para os dois outros. Valores aceitáveis para o tipo solo ensaiado.

A Tabela 4 apresenta uma relação de valores de permeabilidade padrão da literatura dos solos classificando-os como alta, baixa, muito baixa e baixíssima de acordo com a granulometria dos materiais. Os solos estudados apresentam permeabilidade compatível com a granulometria dos solos para solos intemperizados. O arranjo das partículas torna os solos mais permeável pela flocculação de partículas menores em partículas maiores como ocorrem na associação de partículas de argila com silte e areia formando grãos na fração areia e, dando ao solo maior permeabilidade. Se durante a vida útil do projeto esses parâmetros forem mantidos o solo proporcionará seu melhor desempenho.

Embora os solos apresentam uma relativa quantidade de materiais finos como silte e argila suas permeabilidades são de areias com permeabilidade entre 10<sup>-3</sup> a 10<sup>-5</sup> cm/s. Classificados como solos de alta permeabilidade.

Tabela 4 - Dados de permeabilidade padrão dos solos

PERMEABILIDADE		TIPO DE SOLO	K (cm/s)
Solos permeáveis	Alta	Pedregulhos	>10 <sup>-3</sup>
	Alta	Areias	10 <sup>-3</sup> a 10 <sup>-5</sup>
	Baixa	Siltes e argilas	10 <sup>-5</sup> a 10 <sup>-7</sup>
Solos impermeáveis	Muito baixa	Argila	10 <sup>-7</sup> a 10 <sup>-9</sup>
	Baixíssima	Argila	<10 <sup>-9</sup>

Em nenhum dos três pontos de sondagem da área foi encontrado o nível do lençol freático.

## 6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O perfil apresenta boa capacidade de infiltração devido suas condições do perfil do solo.

Portanto é possível a instalação de sistemas de infiltração como ocorre com os poços de infiltração já implantados na área. A profundidade máxima do sistema de infiltração poderá atingir fica entre 2,50 e 3,0m, respeitando a zona de atividade do solo pelo processo de molhagem e secagem. Pela legislação vigente, ficou estabelecido que a profundidade de um sistema de infiltração não deverá exceder 2,60m. Além disso deverá manter uma distância mínima de 1,50m do lençol freático máximo como exige a legislação.

De acordo com esse estudo conclui-se que a área estuda é favorável à infiltração de água para o controle de águas pluviais, e sistemas de infiltração poderão fazer parte do empreendimento desde que observadas as orientações anteriores.

As taxas de infiltração recomendada para projeto são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Taxas de infiltração recomendada para projeto

POÇO 1	432 litros/m <sup>2</sup> /dia
POÇO 2	410 litros/m <sup>2</sup> /dia
POÇO 3	864 litros/m <sup>2</sup> /dia

Recomenda-se também que o projeto seja realizado levando em conta a existência da área verde à montante da área total que deve ser gerenciada com valas em curvas de nível que retenham e infiltrem a água, para evitar processo erosivo nos taludes que margeam o estacionamento na parte superior da área.

Goiânia, 18 de julho de 2019

Responsáveis Técnicos:

*Eufrosina T. Leão Carvalho*

Enga. Civil Eufrosina T. Leão Carvalho

CREA - 3519/D, CONFEA - 1003783678

Documento	Identificação	Revisão	Folha
ESTUDO DE INFILTRAÇÃO DO PERFIL DE SOLO SEGUNDO ESTUDO	CEASA – GO – 2º estudo	0	22/40

## 7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA (ABGE). Ensaio de Permeabilidade em Solos. Orientação para sua Execução no Campo, Boletim IV, 3ª Edição, São Paulo, SP, 1996. 31p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457. Solo – Determinação do teor de umidade de Solos, Procedimento. Rio de Janeiro, 1986. 3p.
- ABNT (1984). Solo – Análise Granulométrica – NBR 7181/84. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro/ RJ, 13 p.
- ABNT (1984). Solo, Grãos de solos que passam na peneira de 4,8mm – Determinação da massa específica. NBR 6508, Rio de Janeiro, RJ. 7p, 1984.
- ABNT (1986). Solo – Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas. – NBR 9604/86. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro/ RJ.
- LEÃO CARVALHO, E. T. (2013). Avaliação Geotécnica de Poços de Infiltração de Águas Pluviais. Tese de Doutorado, Publicação G.TD-084/2013, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 316p.
- LEÃO CARVALHO, E.T. (2008). Avaliação de Elementos de Infiltração de Águas Pluviais na Zona Norte da Cidade de Goiânia. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Programa de Pós-Graduação em Geotecnia e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás. Goiânia Go. 229p.
- OLIVEIRA, A.M. dos S. (1996). Ensaio de Permeabilidade em Solos- Orientação para sua Execução no Campo, Boletim IV da ABGE, 3ª Edição, São Paulo – SP, 31p.
- ROMÃO P. DE A. (2009) – Mapa de Solos da Região Metropolitana de Goiânia-GO, Fonte: COMDATA, 2001; CAMPOS *et al.* 2003; Organização: Romão, 2009.





---

Documento	Identificação	Revisão	Folha
ESTUDO DE INFILTRAÇÃO DO PERFIL DE SOLO SEGUNDO ESTUDO	CEASA – GO – 2º estudo	0	23/40

---

## Anexo A


### Amostra dos ensaios de laboratório


Densidade dos grãos do solo

Granulometria CD e SD



 <p><b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIÁS</b></p>			
<b>Ensaio de massa específica conforme a NBR 6508/1984</b>			
<b>Obra:</b>	ceasa	<b>Operador:</b>	Batalione
			<b>Data: 28/06/2019</b>
<b>Amostra:</b>	solo fino vermelho		poço 02
			<b>1 metro</b>
Número do Balão Volumétrico	8		3
Temperatura °C	28,1		28,1
Massa do solo úmido (g)	50,00		50,00
Massa do solo seco (g)	49,44		49,44
Massa do balão+solo+água (g)	704,23		708,28
Massa do balão+água	672,11		676,09
Volume do solo (cm <sup>3</sup> )	17,32		17,25
Massa específica dos grãos (g/cm <sup>3</sup> )	2,854		2,866
Massa esp. da água à temp. (g/cm <sup>3</sup> )	0,9962		0,9962
Massa específica dos grãos corrigida (g/cm <sup>3</sup> )	2,843		2,855
<b>Massa específica dos grãos média (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,849</b>		
<b>Teor de umidade (%)</b>			
Número da Cáp.	262	61	285
P.úmido+cáp.(g)	60,56	52,23	69,31
P.seco+cáp.(g)	60,06	51,80	68,65
P. água(g)	0,50	0,43	0,66
P. cáp.(g)	14,68	11,44	14,23
P. seco (g)	45,38	40,36	54,42
W (%)	1,10	1,07	1,21
<b>W Médio (%)</b>	<b>1,13</b>		

							
<b>Análise Granulométrica de Solos - NBR 7181/84</b>							
<b>Obra:</b>	Ceasa		<b>Trecho:</b>	Poço 01	<b>Amostra</b>	com defloculante 1,0 metro	
<b>Tipo de Solo:</b>	solo fino cor vermelho		<b>Operador:</b>	Batalione	<b>Data</b>	27/06/2019	
<b>Teor de umidade (%)</b>							
Número da Cáp.	212	254	138	Amostra total úmida (g)		1000,00	
P.úmido+cáp.(g)	56,56	57,26	89,35	Amostra seca > #10 (g)		3,22	
P.seco+cáp.(g)	55,88	56,57	88,27	Amostra úmida <#10 (g)		996,78	
P. água(g)	0,68	0,69	1,08	Amostra seca < #10 (g)		980,66	
P. cáp.(g)	13,25	12,92	26,80	Amostra total seca (g)		983,88	
P. seco (g)	42,63	43,65	61,47	S. úmido p/sedimentação (g)		70,00	
W (%)	1,60	1,58	1,76	S. seco p/ sedimentação (g)		68,87	
W Médio (%)	1,64			Defloculante 125ml		com	
<b>Peneiramento Fração Grossa</b>							
Peneira (Série ABNT)	Abertura (mm)	Material Retido (g)	Material que Passa (g)		% Retida	% Retida Acumulada	% Passante
3"	76	0,00	983,88		0,00	0,00	100,00
2"	50	0,00	983,88		0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38	0,00	983,88		0,00	0,00	100,00
1"	25	0,00	983,88		0,00	0,00	100,00
3/4"	19	0,00	983,88		0,00	0,00	100,00
3/8"	9,5	0,00	983,88		0,00	0,00	100,00
Nº 4	4,8	0,00	983,88		0,00	0,00	100,00
Nº 10	2	3,22	980,66		0,33	0,33	99,67
K	14,23971429						
<b>Peneiramento Fração Fina</b>							
Peneira (Série ABNT)	Abertura (mm)	Material Retido Parcial (g)	Material Retido (g)	Material que Passa (g)	% Retida	% Retida Acumulada	% Passante Total
16	1,20	0,26	3,70	976,95	0,38	0,70	99,30
30	0,60	1,96	27,91	949,04	2,84	3,54	96,46
40	0,42	1,08	15,38	933,66	1,56	5,10	94,90
60	0,25	8,34	118,76	814,91	12,07	17,17	82,83
100	0,15	4,03	57,39	757,52	5,83	23,01	76,99
200	0,075	7,89	112,35	645,17	11,42	34,43	65,57
<b>Sedimentação</b>							
% passante # Nº10		99,67	Solo seco (g)		68,87	$\delta$ (g/cm <sup>3</sup> )	2,781
Tempo Decorrido	Leitura (L) Densímetro	Temperatura (°C)	Viscosidade (g.s/cm <sup>2</sup> )	Correção Ld	Altura de Queda h(cm)	(%) que passa	Diâmetro (mm)
30 segundos	1,0280	27,8	8,5877E-06	1,0015	12,98	59,93	0,061
1 minuto	1,0275	27,8	8,5877E-06	1,0041	13,08	52,82	0,043
2 minutos	1,0270	27,8	8,5877E-06	1,0041	13,18	51,69	0,031
4 minutos	1,0265	27,9	8,569E-06	1,0041	12,43	50,62	0,021
8 minutos	1,0260	27,8	8,5877E-06	1,0041	12,64	49,43	0,015
15 minutos	1,0255	27,8	8,5877E-06	1,0041	12,74	48,30	0,011
30 minutos	1,0245	27,6	8,6253E-06	1,0042	12,94	45,93	0,008
60 minutos	1,0240	27,4	8,6632E-06	1,0042	13,04	44,69	0,006
2 horas	1,0230	27,0	8,7397E-06	1,0043	13,25	42,20	0,004
4 horas	1,0220	27,1	8,7205E-06	1,0043	13,45	40,00	0,003
8 horas	1,0210	26,3	8,8761E-06	1,0045	13,65	37,29	0,002
24 horas	1,0200	27,3	8,6822E-06	1,0043	13,86	35,59	0,001

 <b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIÁS</b>							
<b>Análise Granulométrica de Solos - NBR 7181/84</b>							
<b>Obra:</b>		<b>Trecho:</b>	Poço 02	<b>Amostra</b>	sem defloculante 2,0 metros		
<b>Tipo de Solo:</b>	solo fino cor vermelho	<b>Operador:</b>	Batalione	<b>Data</b>	27/06/2019		
<b>Teor de umidade (%)</b>							
Número da Cáp.	279	136	74	Amostra total úmida (g)		1000,00	
P.úmido+cáp.(g)	65,41	55,35	51,75	Amostra seca > #10 (g)		80,84	
P.seco+cáp.(g)	64,70	54,90	51,20	Amostra úmida <#10 (g)		919,16	
P. água(g)	0,71	0,45	0,55	Amostra seca < #10 (g)		907,03	
P. cáp.(g)	13,68	18,97	10,96	Amostra total seca (g)		987,87	
P. seco (g)	51,02	35,93	40,24	S. úmido p/sedimentação (g)		70,00	
W (%)	1,39	1,25	1,37	S. seco p/ sedimentação (g)		69,08	
W Médio (%)	1,34			Defloculante 125ml		com	
<b>Peneiramento Fração Grossa</b>							
Peneira (Série ABNT)	Abertura (mm)	Material Retido (g)	Material que Passa (g)	% Retida	% Retida Acumulada	% Passante	
3"	76	0,00	987,87	0,00	0,00	100,00	
2"	50	0,00	987,87	0,00	0,00	100,00	
1 1/2"	38	0,00	987,87	0,00	0,00	100,00	
1"	25	0,00	987,87	0,00	0,00	100,00	
3/4"	19	15,85	972,02	1,60	1,60	98,40	
3/8"	9,5	13,90	958,12	1,41	3,01	96,99	
Nº 4	4,8	13,57	944,55	1,37	4,39	95,61	
Nº 10	2	37,52	907,03	3,80	8,18	91,82	
K	13,13085714						
<b>Peneiramento Fração Fina</b>							
Peneira (Série ABNT)	Abertura (mm)	Material Retido Parcial (g)	Material Retido (g)	Material que Passa (g)	% Retida	% Retida Acumulada	% Passante Total
16	1,20	0,17	2,23	904,80	0,23	8,41	91,59
30	0,60	1,79	23,50	881,30	2,38	10,79	89,21
40	0,42	0,74	9,72	871,58	0,98	11,77	88,23
60	0,25	5,66	74,32	797,26	7,52	19,30	80,70
100	0,15	3,19	41,89	755,37	4,24	23,54	76,46
200	0,075	8,01	105,18	650,19	10,65	34,18	65,82
<b>Sedimentação</b>							
% passante # Nº10	91,82	Solo seco (g)		69,08	$\delta$ (g/cm <sup>3</sup> )	2,779	
Tempo Decorrido	Leitura (L) Densímetro	Temperatura (°C)	Viscosidade (g.s/cm <sup>2</sup> )	Correção Ld	Altura de Queda h(cm)	(%) que passa	Diâmetro (mm)
30 segundos	1,0325	28,0	8,5504E-06	1,0014	12,06	64,52	0,059
1 minuto	1,0320	28,0	8,5504E-06	1,0041	12,16	57,98	0,042
2 minutos	1,0300	28,0	8,5504E-06	1,0041	12,57	53,83	0,030
4 minutos	1,0270	28,0	8,5504E-06	1,0041	12,33	47,60	0,021
8 minutos	1,0260	27,7	8,6065E-06	1,0042	12,64	45,37	0,015
15 minutos	1,0230	28,1	8,5318E-06	1,0040	13,25	39,35	0,011
30 minutos	1,0190	27,7	8,6065E-06	1,0042	14,06	30,83	0,008
60 minutos	1,0080	27,6	8,6253E-06	1,0042	16,30	7,94	0,006
2 horas	1,0060	27,3	8,6822E-06	1,0043	16,71	3,63	0,005
4 horas	1,0055	27,0	8,7397E-06	1,0043	16,81	2,44	0,003
8 horas	1,0050	26,6	8,8173E-06	1,0044	16,91	1,19	0,002
24 horas	1,0045	28,0	8,5504E-06	1,0041	17,01	0,88	0,001

---

Documento	Identificação	Revisão	Folha
ESTUDO DE INFILTRAÇÃO DO PERFIL DE SOLO SEGUNDO ESTUDO	CEASA – GO – 2º estudo	0	27/40

---

## Anexo B

### Teste de Infiltração do Poço 1

Ciclo 1

Ciclo 2

Ciclo 3





**ENSAIO DE PERMEABILIDADE E INFILTRAÇÃO DO SOLO**  
**INUNDAÇÃO DO POÇO PERFORADO A TRADO - Ciclo 3**

Preencher Planilha	
Ciclo	Ciclo 3
Data:	19/06/19
Início do ensaio Rebaixamento (h:m:s)	11:31:15
Ponto HOBO inicial	422
Ponto HOBO final	536



DADOS DO POÇO	
Profundidade do poço (m)	2,50m
Diâmetro do poço (m)	0,22m
Raio do poço (m)	0,11m

Planilha de cálculo

Hora inicial	Tempo decorrido (h:mm:ss)	Leitura HOBO (m)	Leitura relativa (m)	Volume acumulado (litros)	Zmed (m)	ΔT (seg)	ΔH (m)	H (m)	R (m)	k (m/s)	k (cm/s)	volume (m³)	área (m²)	Taxa (m³/(m²xseg))
1	11:31:15	00:00:00	1,07	1,43	0,00	0,71	0,00E+00							
2	11:31:25	00:00:10	1,07	1,44	0,01	1,43	1,00E+01	9,00E-03	1,07			3,42E-04	7,77E-01	4,40E-05
3	11:31:35	00:00:20	1,05	1,45	0,01	1,44	2,00E+01	1,70E-02	1,07	6,47E-01	2,46E-05	2,46E-03	6,46E-04	4,21E-05
4	11:31:45	00:00:30	1,03	1,47	0,02	1,46	3,00E+01	2,00E-02	1,05	6,39E-01	1,97E-05	1,97E-03	7,60E-04	3,35E-05
5	11:31:50	00:00:40	1,01	1,49	0,03	1,48	4,00E+01	2,10E-02	1,03	6,30E-01	1,60E-05	1,60E-03	7,98E-04	2,69E-05
6	11:32:05	00:00:50	0,99	1,51	0,04	1,50	5,00E+01	2,10E-02	1,01	6,21E-01	1,32E-05	1,32E-03	7,98E-04	2,20E-05
7	11:32:15	00:01:00	0,96	1,54	0,05	1,53	6,00E+01	2,20E-02	0,99	6,12E-01	1,19E-05	1,19E-03	8,38E-04	1,96E-05
8	11:32:25	00:01:10	0,94	1,56	0,05	1,55	7,00E+01	2,10E-02	0,96	6,02E-01	1,10E-05	1,10E-03	7,98E-04	1,64E-05
9	11:32:35	00:01:20	0,92	1,58	0,06	1,57	8,00E+01	1,90E-02	0,94	5,92E-01	8,19E-06	8,19E-04	7,22E-04	1,32E-05
10	11:32:45	00:01:30	0,90	1,60	0,07	1,59	9,00E+01	1,90E-02	0,92	5,84E-01	7,50E-06	7,50E-04	7,22E-04	1,20E-05
11	11:32:55	00:01:40	0,88	1,62	0,08	1,61	1,00E+02	2,10E-02	0,90	5,75E-01	7,69E-06	7,69E-04	7,98E-04	1,22E-05
12	11:33:05	00:01:50	0,86	1,64	0,08	1,63	1,10E+02	2,00E-02	0,88	5,65E-01	6,89E-06	6,89E-04	7,60E-04	1,08E-05
13	11:33:15	00:02:00	0,85	1,66	0,09	1,65	1,20E+02	1,90E-02	0,86	5,55E-01	6,21E-06	6,21E-04	7,22E-04	9,57E-06
14	11:33:25	00:02:10	0,83	1,67	0,10	1,66	1,30E+02	1,90E-02	0,85	5,46E-01	5,92E-06	5,92E-04	7,22E-04	9,03E-06
15	11:33:35	00:02:20	0,81	1,69	0,10	1,68	1,40E+02	2,00E-02	0,83	5,37E-01	5,99E-06	5,99E-04	7,60E-04	9,02E-06
16	11:33:45	00:02:30	0,79	1,71	0,11	1,70	1,50E+02	1,70E-02	0,81	5,28E-01	4,93E-06	4,93E-04	6,46E-04	7,31E-06
17	11:33:55	00:02:40	0,77	1,73	0,12	1,72	1,60E+02	2,10E-02	0,79	5,19E-01	5,89E-06	5,89E-04	7,98E-04	8,66E-06
18	11:34:05	00:02:50	0,75	1,75	0,13	1,74	1,70E+02	1,90E-02	0,77	5,09E-01	5,22E-06	5,22E-04	7,22E-04	7,56E-06
19	11:34:15	00:03:00	0,73	1,77	0,13	1,76	1,80E+02	1,90E-02	0,75	4,99E-01	5,12E-06	5,12E-04	7,22E-04	7,31E-06
20	11:34:25	00:03:10	0,71	1,79	0,14	1,78	1,90E+02	1,70E-02	0,73	4,90E-01	4,51E-06	4,51E-04	6,46E-04	6,34E-06
21	11:34:35	00:03:20	0,70	1,80	0,15	1,80	2,00E+02	1,60E-02	0,71	4,81E-01	4,18E-06	4,18E-04	6,08E-04	5,79E-06
24	11:35:05	00:03:50	0,65	1,85	0,16	1,84	2,30E+02	1,30E-02	0,67	4,57E-01	3,28E-06	3,28E-04	4,94E-04	4,36E-06
25	11:35:15	00:04:00	0,64	1,86	0,17	1,86	2,40E+02	1,40E-02	0,65	4,50E-01	3,49E-06	3,49E-04	5,32E-04	4,58E-06
26	11:35:25	00:04:10	0,63	1,87	0,17	1,87	2,50E+02	1,10E-02	0,64	4,42E-01	2,72E-06	2,72E-04	4,18E-04	3,52E-06
27	11:35:35	00:04:20	0,62	1,88	0,17	1,88	2,60E+02	1,10E-02	0,63	4,36E-01	2,69E-06	2,69E-04	4,18E-04	3,44E-06
28	11:35:45	00:04:30	0,61	1,89	0,18	1,89	2,70E+02	1,00E-02	0,62	4,31E-01	2,42E-06	2,42E-04	3,80E-04	3,06E-06
29	11:35:55	00:04:40	0,60	1,90	0,18	1,90	2,80E+02	9,00E-03	0,61	4,25E-01	2,15E-06	2,15E-04	3,42E-04	2,69E-06
30	11:36:05	00:04:50	0,59	1,91	0,18	1,91	2,90E+02	1,00E-02	0,60	4,20E-01	2,36E-06	2,36E-04	3,80E-04	2,93E-06
31	11:36:15	00:05:00	0,58	1,92	0,19	1,92	3,00E+02	8,00E-03	0,59	4,15E-01	1,87E-06	1,87E-04	3,04E-04	2,30E-06
32	11:36:25	00:05:10	0,57	1,93	0,19	1,93	3,10E+02	8,00E-03	0,58	4,10E-01	1,85E-06	1,85E-04	3,04E-04	2,25E-06
33	11:36:35	00:05:20	0,56	1,94	0,19	1,93	3,20E+02	9,00E-03	0,57	4,06E-01	2,06E-06	2,06E-04	3,42E-04	2,49E-06



---

Documento	Identificação	Revisão	Folha
ESTUDO DE INFILTRAÇÃO DO PERFIL DE SOLO SEGUNDO ESTUDO	CEASA – GO – 2º estudo	0	30/40

---

## Anexo B

### Teste de Infiltração do Poço 2

Ciclo 1

Ciclo 2

Ciclo 3





ENSAIO DE PERMEABILIDADE E INFILTRAÇÃO DO SOLO  
INUNDAÇÃO DO POÇO PERFURADO A TRADO - Ciclo 1

Preencher Planilha

Table with 2 columns: Ciclo, Ciclo 1. Rows include Data (19/06/19), Início do ensaio Rebaixamento (h:m:s) (13:25:55), Ponto HOBO inicial (1142), Ponto HOBO final (1207).

Table with 2 columns: DADOS DO POÇO. Rows include Profundidade do poço (m) (2,60m), Diâmetro do poço (m) (0,21m), Raio do poço (m) (0,11m).



Planilha de cálculo

Large data table with columns: Hora Inicial, Tempo decorrido, Leituras HOBOS, Leituras relativas, Volume acumulado, Zmed, ΔT, ΔH, H, R, k, volume, área, Taxa. Contains 32 rows of data for Cycle 1.

ENSAIO DE PERMEABILIDADE E INFILTRAÇÃO DO SOLO  
INUNDAÇÃO DO POÇO PERFURADO A TRADO - Ciclo 2

Preencher Planilha

Table with 2 columns: Ciclo, Ciclo 2. Rows include Data (19/06/19), Início do ensaio Rebaixamento (h:m:s) (13:38:35), Ponto HOBO inicial (1218), Ponto HOBO final (1278).

Table with 2 columns: DADOS DO POÇO. Rows include Profundidade do poço (m) (2,60m), Diâmetro do poço (m) (0,21m), Raio do poço (m) (0,11m).



Planilha de cálculo

Large data table with columns: Hora Inicial, Tempo decorrido, Leituras HOBOS, Leituras relativas, Volume acumulado, Zmed, ΔT, ΔH, H, R, k, volume, área, Taxa. Contains 28 rows of data for Cycle 2.



**ENSAIO DE PERMEABILIDADE E INFILTRAÇÃO DO SOLO  
 INUNDAÇÃO DO POÇO PERFORADO A TRADO - Ciclo 3**

Preencher Planilha	
Ciclo	Ciclo 3
Data:	18/06/19
Início do ensaio Rebaxamento (h:m:s)	13:50:05
Ponto HOBO inicial	1237
Ponto HOBO final	1408
DADO DO POÇO	
Profundidade do poço (m)	2,60m
Diâmetro do poço (m)	0,21m
Raio do poço (m)	0,11m



**Planilha de cálculo**

Hora inicial	Tempo decorrido (h:mm:ss)	Leitura HOBO (m)	Leitura relativa (m)	Volume acumulado	Zmed (m)	ΔT (seg)	ΔH (m)	H (m)	R (m)	k (m/s)	k (cm/s)	volume (m³)	área (m²)	Taxa (m³/(m²xseg))	
1	13:50:05	00:00:00	1,60	1,00	0,00	0,50	0,00E+00								
2	13:50:15	00:00:10	1,60	1,00	0,01	1,00	1,00E+01	3,00E-03	1,60	8,58E-01	1,42E-06	1,04E-04	1,09E+00	9,55E-06	
3	13:50:25	00:00:20	1,58	1,02	0,03	1,01	2,00E+01	1,90E-02	1,60	8,58E-01	1,42E-06	1,42E-03	6,58E-04	1,08E+00	3,04E-05
4	13:50:35	00:00:30	1,52	1,09	0,04	1,05	3,00E+01	8,20E-02	1,58	8,32E-01	3,14E-06	3,14E-03	2,15E-03	1,05E+00	6,79E-05
5	13:50:45	00:00:40	1,47	1,13	0,06	1,11	4,00E+01	4,50E-02	1,52	8,29E-01	1,81E-06	1,81E-03	1,59E-03	1,02E+00	3,82E-05
6	13:50:55	00:00:50	1,43	1,17	0,07	1,15	5,00E+01	4,00E-02	1,47	8,11E-01	1,34E-06	1,34E-03	1,39E-03	9,91E-01	2,30E-05
7	13:51:05	00:01:00	1,39	1,21	0,08	1,19	6,00E+01	3,30E-02	1,43	7,98E-01	1,10E-06	1,10E-03	1,32E-03	9,66E-01	2,27E-05
8	13:51:15	00:01:10	1,36	1,24	0,09	1,23	7,00E+01	3,40E-02	1,39	7,81E-01	8,77E-06	8,77E-04	1,18E-03	9,42E-01	1,79E-05
9	13:51:25	00:01:20	1,33	1,27	0,11	1,26	8,00E+01	3,20E-02	1,38	7,68E-01	7,48E-06	7,48E-04	1,11E-03	9,20E-01	1,51E-05
10	13:51:35	00:01:30	1,29	1,31	0,12	1,29	9,00E+01	3,40E-02	1,33	7,55E-01	7,30E-06	7,30E-04	1,18E-03	8,96E-01	1,46E-05
11	13:51:45	00:01:40	1,26	1,34	0,13	1,32	1,00E+02	3,00E-02	1,29	7,42E-01	6,01E-06	6,01E-04	1,04E-03	8,77E-01	1,18E-05
12	13:51:55	00:01:50	1,24	1,37	0,13	1,35	1,10E+02	2,70E-02	1,28	7,30E-01	5,08E-06	5,08E-04	9,39E-04	8,58E-01	9,90E-06
13	13:52:05	00:02:00	1,21	1,39	0,14	1,38	1,20E+02	2,80E-02	1,24	7,19E-01	4,63E-06	4,63E-04	9,01E-04	8,41E-01	8,88E-06
14	13:52:15	00:02:10	1,19	1,41	0,15	1,40	1,30E+02	2,20E-02	1,21	7,08E-01	3,72E-06	3,72E-04	7,62E-04	8,25E-01	7,10E-06
15	13:52:25	00:02:20	1,17	1,43	0,16	1,42	1,40E+02	2,10E-02	1,19	6,98E-01	3,39E-06	3,39E-04	7,27E-04	8,11E-01	6,41E-06
16	13:52:35	00:02:30	1,15	1,45	0,16	1,44	1,50E+02	2,00E-02	1,17	6,90E-01	3,09E-06	3,09E-04	6,93E-04	7,97E-01	5,79E-06
17	13:52:45	00:02:40	1,13	1,47	0,17	1,46	1,60E+02	1,90E-02	1,15	6,82E-01	2,82E-06	2,82E-04	6,58E-04	7,84E-01	5,24E-06
18	13:52:55	00:02:50	1,11	1,49	0,17	1,48	1,70E+02	1,80E-02	1,13	6,73E-01	2,57E-06	2,57E-04	6,23E-04	7,72E-01	4,72E-06
19	13:53:05	00:03:00	1,09	1,51	0,18	1,50	1,80E+02	1,80E-02	1,11	6,65E-01	2,49E-06	2,49E-04	6,23E-04	7,60E-01	4,36E-06
20	13:53:15	00:03:10	1,08	1,53	0,19	1,52	1,90E+02	1,80E-02	1,09	6,58E-01	2,14E-06	2,14E-04	6,54E-04	7,49E-01	3,89E-06
21	13:53:25	00:03:20	1,06	1,54	0,19	1,53	2,00E+02	1,80E-02	1,08	6,51E-01	2,08E-06	2,08E-04	6,54E-04	7,39E-01	3,75E-06
24	13:53:55	00:03:50	1,01	1,59	0,21	1,58	2,30E+02	1,50E-02	1,03	6,30E-01	1,81E-06	1,81E-04	5,20E-04	7,08E-01	3,19E-06
25	13:54:05	00:04:00	1,00	1,60	0,21	1,59	2,40E+02	1,20E-02	1,01	6,24E-01	1,42E-06	1,42E-04	4,18E-04	6,99E-01	2,48E-06
26	13:54:15	00:04:10	0,99	1,61	0,22	1,61	2,50E+02	1,30E-02	1,00	6,18E-01	1,50E-06	1,50E-04	4,50E-04	6,91E-01	2,61E-06
27	13:54:25	00:04:20	0,98	1,63	0,22	1,62	2,60E+02	1,30E-02	0,99	6,13E-01	1,47E-06	1,47E-04	4,50E-04	6,82E-01	2,54E-06
28	13:54:35	00:04:30	0,96	1,64	0,22	1,63	2,70E+02	1,40E-02	0,98	6,07E-01	1,55E-06	1,55E-04	4,86E-04	6,73E-01	2,67E-06



---

Documento	Identificação	Revisão	Folha
ESTUDO DE INFILTRAÇÃO DO PERFIL DE SOLO SEGUNDO ESTUDO	CEASA – GO – 2º estudo	0	33/40

---

## Anexo B

### Teste de Infiltração do Poço 3

Ciclo 1

Ciclo 2

Ciclo 3







---

Documento	Identificação	Revisão	Folha
ESTUDO DE INFILTRAÇÃO DO PERFIL DE SOLO SEGUNDO ESTUDO	CEASA – GO – 2º estudo	0	36/40

---

## Anexo C

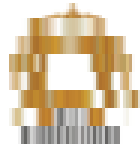
### Relatórios de Sondagem


SPT 1

SPT 2

SPT 3



		<b>Reis Serviços de Consultoria e Geologia Ltda</b> Rua 05, Qd. 118, Lt. 02, nº 24, Setor Leste Universitário, Goiânia-GO Telefone: (62) 3218-2516 / 3218-2245 E-mail: contato@reiconsultores.com.br								
		<b>RELATÓRIO DE SONDAAGEM - SPT</b>								
Profundidade	N. A.	Inicial (0 - 30)	Final (15 - 45)	Descrição das amostras	Gráfico da Resistência à Penetração					
					--- Primeiros 15 cm — Últimos 30 cm					
					Número de Golpes					
					10	20	30	40	50	60
1,45		8	8	Argila arenosa, média, marrom.						
2,45		2	2	Argila arenosa, muito mole, marrom.						
3,45		2	3	Argila arenosa, mole, marrom.						
4,45		4	5	Argila arenosa, mole, marrom.						
5,45		4	4	Argila arenosa, mole, marrom.						
6,45		6	6	Argila arenosa, média, marrom.						
7,45		6	6	Argila arenosa, média, marrom.						
8,45		7	8	Argila arenosa, média, marrom.						
9,45		12	14	Argila arenosa, rija, marrom com laterita.						
10,45		15	18	Argila arenosa, rija, marrom com laterita.						
11,45		23	30	Argila arenosa, dura, marrom com laterita.						
12,45		28	32	Silte arenoso, compacto, variegado.						
13,45		36	40	Silte arenoso, compacto, variegado.						
14,45		50	52	Silte arenoso, muito compacto, variegado.						
Contratante: CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE GOIÁS S/A					OS Nº:		192-08/2013			
Obra: Galpão					Sond. Nº:		SP-01			
Endereço: Rod. BR-153, S/N, Km 5,5, Jardim Guanabara, Goiânia - GO.										
Profundidade: 14,45 m					Revestimento: Não					
Lavação: Não					N. A. Final: NE					
Início:	26/08/2013		Término:		26/08/2013					
Obs.:										
				Medidas do Nível de Água				Coordenadas:		
				Data	Hora	N. A.	Prof. Sond.	16° 37' 48,2" S		
RT: Geol. Edgard J. Ferreira Reis								49° 12' 16,6" W		
								Cota: 781 m		

		<b>Reis Serviços de Consultoria e Geologia Ltda</b> Rua 05, Qd. 118, Lt. 02, nº 24, Setor Leste Universitário, Goiânia-GO Telefone: (62) 3218-2516 / 3218-2245 E-mail: contato@reisconsultores.com.br								
		<b>RELATÓRIO DE SONDAAGEM - SPT</b>								
Profundidade	N. A.	Inicial (0 - 30)	Final (15 - 45)	Descrição das amostras	Gráfico da Resistência a Penetração					
					--- Primeiros 15 cm — Últimos 30 cm					
					Número de Golpes					
					10	20	30	40	50	60
1,45		4	4	Argila arenosa, mole, marrom.						
2,45		4	4	Argila arenosa, mole, marrom.						
3,45		2	2	Argila arenosa, muito mole, marrom.						
4,45		4	4	Argila arenosa, mole, marrom.						
5,45		4	5	Argila arenosa, mole, marrom.						
6,45		6	7	Argila arenosa, média, marrom com pedregulhos.						
7,45		6	6	Argila arenosa, média, marrom.						
8,45		10	13	Argila arenosa, rija, marrom.						
9,45		15	18	Argila arenosa, rija, marrom.						
10,45		25	27	Argila arenosa, dura, marrom.						
11,45		32	38	Siltite arenoso, compacto, variegado.						
12,45		36	39	Siltite arenoso, compacto, variegado.						
13,45		44	50	Siltite arenoso, muito compacto, variegado.						
Contratante: CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE GOIÁS S/A					OS Nº:		192-08/2013			
Obra: Galpão					Sond. Nº:		SP-02			
Endereço: Rod. BR-153, S/N, Km 5,5, Jardim Guanabara, Goiânia - GO.										
Profundidade: 13,45 m					Revestimento: Não					
Lavagem: Não					N. A. Final: NE					
Início:		27/08/2013		Término:		27/08/2013				
Obs.:										
					Medidas do Nível de Água				Coordenadas:	
					Data	Hora	N. A.	Prof. Sond.	16° 37' 47,7" S	
RT: Geol. Edgard J. Ferreira Reis									49° 12' 17,8" W	
									Cota: 782 m	



Profundidade		N.A.	Inicial (0 - 30)	Final (15 - 45)	Descrição das amostras	Gráfico da Resistência a Penetração					
						Número de Golpes					
						10	20	30	40	50	60
1,45			3	2	Argila arenosa, muito mole, marrom.						
2,45			2	2	Argila arenosa, muito mole, marrom.						
3,45			2	3	Argila arenosa, mole, marrom.						
4,45			5	6	Argila arenosa, média, marrom.						
5,45			8	9	Argila arenosa, média, vermelha.						
6,45			8	9	Argila arenosa, média, vermelha.						
7,45			6	7	Argila arenosa, média, vermelha.						
8,45			10	11	Argila arenosa, rija, vermelha.						
9,45			11	12	Argila arenosa, rija, vermelha.						
10,45			15	18	Argila arenosa, rija, vermelha.						
11,45			27	35	Argila arenosa, dura, vermelha.						
12,45			33	38	Argila arenosa, dura, vermelha.						
13,45			45	52	Argila arenosa, dura, vermelha.						
Contratante:		CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE GOIÁS S/A				OS Nº:		132-08/2013			
Obra:		Galpão				Sond. Nº:		SP-03			
Endereço: Rod. BR-153, S/N, Km 5,5, Jardim Guanabara, Goiânia - GO.											
Profundidade: 13,45 m						Revestimento: Não					
Lavação: Não						N. A. Final: NE					
Início:		28/08/2013		Término:		28/08/2013					
Obs.:											
				Medidas do Nível de Água				Coordenadas:			
				Data	Hora	N. A.	Prof. Sond.	16° 37' 31,78" S			
RT: Geol. Edgard J. Ferreira Reis								49° 12' 18,8" W			
								Cota: 793 m			



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

**CREA-GO**

**ART Obra ou serviço**  
**1020190145956**

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Goiás

1. Responsável Técnico

**EUFROSINA TEREZINHA LEO CARVALHO**

RNP: **1003783678**

Título profissional: **Engenheira Civil**

Registro: **3519/D-GO**

Empresa contratada: **EUFROSINA TEREZINHA LEO CARVALHO 13199781187 - Registro CREA-GO: 24477**

2. Dados do Contrato

Contratante: **CEASA - CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE GOIÁS S. A.**

CPF/CNPJ: **01.098.797/0001-74**

Rodovia BR 153, Nº S/N

Bairro: Jardim Guanabara

CEP: 74675-090

Quadra: área Lote: S/N

Complemento: km 55

Cidade: Goiânia-GO

E-Mail:

Fone: (62)35229215

Contrato: 01

Celebrado em: 01/03/2017

Valor Obra/Serviço R\$: 14.672,12

Tipo de contratante: Pessoa Jurídica de Direito Privado

Ação institucional: Nenhuma/Não Aplicável

3. Dados da Obra/Serviço

Rodovia BR 153, Nº s/n

Bairro: Jardim Guanabara

CEP: 74675-090

Quadra: área Lote: s/n

Complemento: km 55

Cidade: Goiânia-GO

Data de Início: 19/06/2019

Previsão término: 18/07/2019

Finalidade: **Ambiental**

Proprietário: **CEASA - CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE GOIÁS S. A.**

CPF/CNPJ: **01.098.797/0001-74**

E-Mail:

Fone: (62) 35229215

Tipo de proprietário: Pessoa Jurídica de Direito Privado

4. Atividade Técnica

**ATUACAO**

ENSAIO SERVICOS AFINS E CORRELATOS EM MEIO AMBIENTE

**Quantidade**

**Unidade**

RELATORIO SERVICOS AFINS E CORRELATOS EM MEIO AMBIENTE

1,00

UNIDADES

1,00

UNIDADES

*O registro da A.R.T. não obriga ao CREA-GO a emitir a Certidão de Acervo Técnico (C.A.T.), a confecção e emissão do documento apenas ocorrerá se as atividades declaradas na A.R.T. forem condizentes com as atribuições do Profissional. As informações constantes desta ART são de responsabilidade do(a) profissional. Este documento poderá, a qualquer tempo, ter seus dados, preenchimento e atribuições profissionais conferidos pelo CREA-GO.*

*Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART*

5. Observações

Ensaio de infiltração em campo e ensaios de laboratório com emissão de relatório ilustrado.

6. Declarações

Acessibilidade: Não: Declaro que as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004, não se aplicam às atividades profissionais acima relacionadas.

7. Entidade de Classe

**NENHUMA**

8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

Goiânia, 19 de julho de 2019

Local Data

*Eufrosina B. Leão Carvalho*

EUFROSINA TEREZINHA LEO CARVALHO - CPF: 131.997.811-87

*DENISE FERREIRA JUNQUEIRA*

CEASA - CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE GOIÁS S. A. - CPF/CNPJ: 01.098.797/0001-74

64331D CREA-GO

9. Informações

- A ART é válida somente após a conferência e o CREA-GO receber a informação do PAGAMENTO PELO BANCO.

- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.creago.org.br](http://www.creago.org.br).

- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

- Não é mais necessário enviar o documento original para o CREA-GO. O CREA-GO não mais afixará carimbo na nova ART.



[www.creago.org.br](http://www.creago.org.br) atendimento@creago.org.br  
Tel: (62) 3221-6200 Fax: (62) 3221-6277



Valor da ART: <b>150,44</b>	Registrada em 18/07/2019	Valor Pago R\$ 150,44	Nosso Numero 28320690119145980	Situação Registrada/OK	Não possui Livro de Ordem	Não Possui CAT
--------------------------------	-----------------------------	--------------------------	-----------------------------------	---------------------------	------------------------------	-------------------