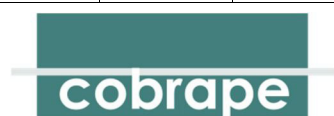


NOTAS:

|      |         |                     |       |        |         |
|------|---------|---------------------|-------|--------|---------|
| 01   | FEV/210 | VERSÃO 01           | JM    | JM     | NOVACAP |
| 00   | AGO/20  | EMIÇÃO INICIAL      | JM    | JM     | NOVACAP |
| REV. | DATA    | NATUREZA DA REVISÃO | ELAB. | VERIF. | APROV.  |



SERVIÇO:

**IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS NO SISTEMA DE DRENAGEM  
PLUVIAL NA ADE CENTRO NORTE DA CEILÂNDIA**

FASE:

**PROJETO EXECUTIVO**

TÍTULO DO DOCUMENTO:

**VOLUME 1 - RELATÓRIO DE PROJETO**

|                                    |                              |                                |                       |                              |                       |
|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|
| PROGRAMA:<br><b>PROCIDADES/BID</b> |                              | REVISÃO:<br><b>01</b>          | NÚMERO DO DOCUMENTO:  |                              | REVISÃO:<br><b>01</b> |
| ELAB.<br>JOAO MARCELO LOPES        | VERIF.<br>JOAO MARCELO LOPES | APROV.<br>NOVACAP              | R. TEC.:<br><b>JM</b> | CREA Nº<br><b>78030/D-MG</b> |                       |
| C/C:                               |                              | DATA:<br><b>FEVEREIRO/2021</b> | PÁGINA:<br><b>1</b>   | DE:<br><b>68</b>             |                       |

## MELHORIAS NO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL Dimensionamento do Sistema

Fevereiro de 2021

---

### Responsável Técnico:



João Marcelo Lopes Siqueira  
Eng. Civil – CREA/ MG 78.030-D

## Sumário

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>APRESENTAÇÃO .....</b>                                           | <b>5</b>  |
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                          | <b>6</b>  |
| 1.1. Contextualização do Projeto .....                              | 7         |
| <b>2. CRITÉRIOS DE PROJETO.....</b>                                 | <b>10</b> |
| 2.1. Vazões de Projeto .....                                        | 10        |
| 2.2. Parâmetros de Projeto .....                                    | 10        |
| 2.2.1. Coeficiente de Escoamento Superficial (C).....               | 10        |
| 2.2.2. Intensidade de Chuva Crítica ( i ).....                      | 11        |
| <b>3. MELHORIAS NO SISTEMA DE DRENAGEM A SEREM IMPLANTADAS ..</b>   | <b>12</b> |
| 3.1. Trincheiras de Infiltração .....                               | 12        |
| 3.2. Pavimento permeável dos estacionamentos.....                   | 15        |
| 3.3. Bocas de lobo com reservatório de retenção de qualidade .....  | 16        |
| 3.4. Limpeza das bacias de retenção .....                           | 18        |
| <b>4. SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM EXISTENTE NO SWMM.....</b>   | <b>20</b> |
| 4.1. METODOLOGIA ADOTADA PARA A SIMULAÇÃO NO SWMM.....              | 20        |
| 4.2. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO NO SWMM.....                           | 23        |
| <b>5. ANÁLISE DA ESTABILIDADE DOS TALUDES DAS BACIAS EXISTENTES</b> | <b>28</b> |
| <b>6. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS .....</b>                | <b>30</b> |
| 5.6.1. Execução de Maciços de Terra.....                            | 43        |
| 5.6.2. Preparo do Terreno de Fundação dos Maciços .....             | 43        |
| 5.6.3. Limpeza .....                                                | 43        |
| 5.6.3.1. Raspagem .....                                             | 43        |
| 5.6.3.2. Escarificação .....                                        | 44        |
| 5.6.4. Equipamentos.....                                            | 44        |
| 5.6.5. Execução.....                                                | 44        |
| 5.6.6. Controle e Ensaio .....                                      | 45        |
| 5.6.6.1. Controle de Compactação.....                               | 45        |
| 5.6.6.2. Controle Tecnológico .....                                 | 45        |
| 5.6.6.3. Observações Finais.....                                    | 46        |
| 5.6.7. Carga, Transporte e Descarga .....                           | 46        |
| 5.7.1. Fundações e Sondagens.....                                   | 47        |

|           |                                                                                  |    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.7.1.1.  | Fundações.....                                                                   | 47 |
| 5.7.1.2.  | Lastro de Concreto Magro.....                                                    | 48 |
| 5.7.1.3.  | Aço Estrutural.....                                                              | 49 |
| 5.7.1.4.  | Formas de Compensado Plastificado.....                                           | 50 |
| 5.7.2.    | Execução de Estruturas de Concreto.....                                          | 51 |
| 5.7.2.1.  | Introdução.....                                                                  | 51 |
| 5.7.2.2.  | Composição e Características do Concreto .....                                   | 51 |
| 5.7.2.3.  | Controle Tecnológico .....                                                       | 52 |
| 5.7.2.4.  | Materiais.....                                                                   | 53 |
| 5.7.2.5.  | Traços de Concreto .....                                                         | 55 |
| 5.7.2.6.  | Transporte do Concreto.....                                                      | 55 |
| 5.7.2.7.  | Lançamento.....                                                                  | 56 |
| 5.7.2.8.  | Vibração .....                                                                   | 57 |
| 5.7.2.9.  | Juntas de Concretagem.....                                                       | 58 |
| 5.7.2.10. | Correção de Fissuras .....                                                       | 59 |
| 5.7.2.11. | Formas e Cimbramentos.....                                                       | 60 |
| 5.7.2.12. | Reparos .....                                                                    | 61 |
| 5.7.3.    | Lastro.....                                                                      | 61 |
| 7.        | MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM .....                                          | 63 |
|           | ANEXO 1 – PLANILHA HIDRÁULICA .....                                              | 65 |
|           | ANEXO 2 – DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO PERMEÁVEL .....                           | 66 |
|           | ANEXO 3 – DADOS PARA ALIMENTAÇÃO DO MODELO SWMM.....                             | 67 |
|           | ANEXO 4 – TABELA COM O RESULTADOS DOS TRECHOS DE REDE<br>EXISTENTE NO SWMM ..... | 68 |
|           | ANEXO 5 – RELATÓRIO DE ANÁLISE DE ESTABILIDADE DOS TALUDES ...                   | 69 |
|           | ANEXO 6 – PLANTAS DO PROJETO .....                                               | 70 |

## APRESENTAÇÃO

O presente relatório resume-se no relatório descritivo da implantação de melhorias para o sistema de drenagem das águas pluviais da Área de Desenvolvimento Econômico – ADE Centro Norte da Ceilândia no âmbito do Programa de Desenvolvimento Econômico do DF – PROCIDADES-DF/BID desenvolvido por meio do contrato de Empréstimo nº 2957/OC-BR firmado entre o Distrito Federal e o Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID.

O Programa PROCIDADES-DF/BID tem por objetivo geral promover o desenvolvimento econômico do Distrito Federal, mediante melhorias no ambiente de negócios e promoção de investimentos, além da melhoria da infraestrutura urbana e do fomento ao desenvolvimento empresarial em cinco ADE's.

O Componente IV do citado Programa tem como objetivo a melhoria da infraestrutura das ADE's com a implantação de obras de urbanização. É neste contexto que se insere a complementação da urbanização da ADE Centro Norte da Ceilândia e no caso específico deste relatório, a implantação de melhorias no sistema de drenagem pluvial existente.

Foram adotadas recomendações técnicas prescritas nos seguintes documentos:

- Termo de Referência e Especificações para Elaboração de Projetos de Sistema de Drenagem Pluvial - NOVACAP – (04/ 2019).
- Manual de Drenagem Pluvial da ADASA – (2018)
- Resolução nº 09/2011 da ADASA – (04/2011)

As melhorias aqui propostas corresponderam a execução da limpeza das quatro bacias de retenção existentes, a implantação de seis trincheiras de infiltração localizadas entre a ciclovia e os estacionamentos que serão implantados na ADE ao longo da Av. Elmo Cerejo, implantação de bocas de lobo com reservatório de retenção de qualidade e por fim, a implantação em todos os estacionamentos o pavimento permeável com piso intertravado.

## 1. INTRODUÇÃO

A ADE Centro Norte da Ceilândia localiza-se na porção noroeste do DF conforme pode ser visto na figura 1.1; no Setor P Sul da Região Administrativa de Ceilândia, RA-IX, tendo como divisa ao norte a Avenida Elmo Serejo que separa a ADE do Setor P Sul, ao leste DF-459 que liga Ceilândia a Samambaia, ao sul a Área de Relevante Interesse Ecológico Parque JK e a oeste o Setor Habitacional Pôr do Sol conforme figura 1.2.

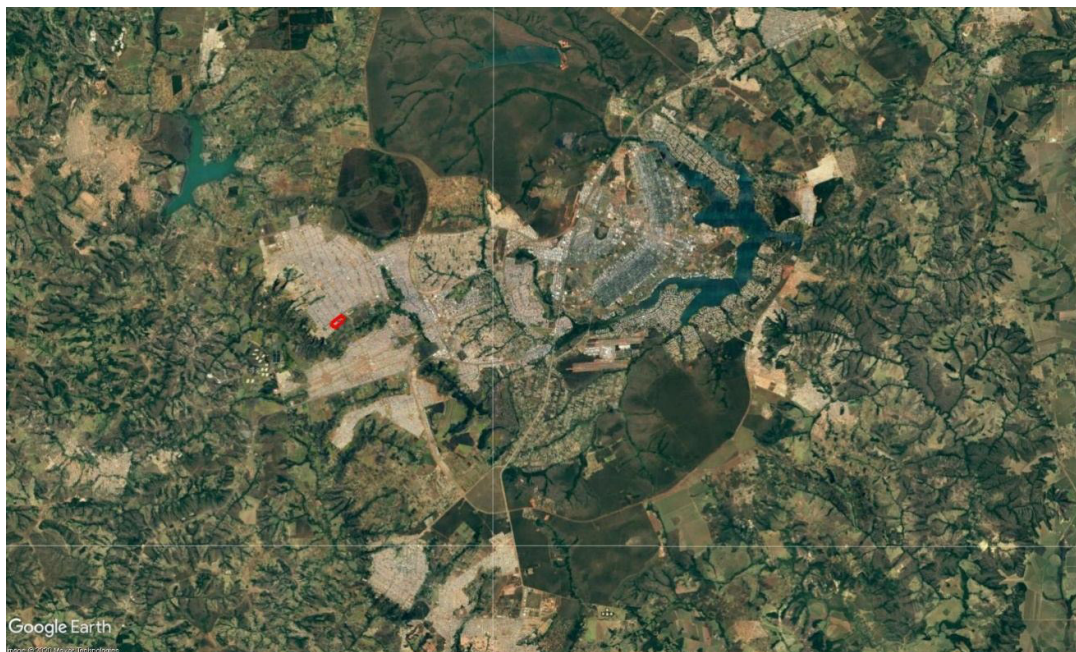


Figura 1.1 – Localização da ADE a Noroeste do DF – Fonte Google Earth 2020



Figura 1.2 – Divisas da ADE Setor de Indústria da Ceilândia– Fonte Google Earth 2020

### 1.1.Contextualização do Projeto

O sistema de drenagem pluvial da ADE Centro Norte foi implantado entre 2007 e 2008 por empresas contratadas pela NOVACAP.

Basicamente foram implantadas redes coletoras com bocas de lobo convencionais que drenam a área da ADE e direcionam a vazão até quatro bacias de detenção. Da última bacia parte um emissário de lançamento até o Ribeirão Taguatinga.

A figura 1.3 a seguir apresenta a ADE Centro Norte e as 4 bacias de detenção existentes.



Figura 1.3 – ADE Centro Norte e as 4 bacias de detenção existentes

O PROCIDADES elencou a urbanização da ADE Centro Norte como uma das obras prioritárias do Programa.

Essa urbanização corresponde a implantação de ciclovia com calçada compartilhada e estacionamentos conforme pode ser visto na figura 1.4 a seguir.

Para que essa urbanização fosse executada foi

Nesse sentido, com o objetivo de minimizar o impacto da impermeabilização pela construção da ciclovia e dos estacionamentos foi proposto a implantação de melhorias no sistema de drenagem a saber:

- Execução da limpeza das quatro bacias de detenção existentes com o objetivo de que a mesma retorne as condições originais de projeto.
- A implantação de seis trincheiras de infiltração localizadas entre a ciclovia e os estacionamentos que serão implantados na ADE ao longo da Av. Elmo Cerejo

## PROCIDADES

- A implantação dos estacionamentos 01, 02, 03, 04, 06 e 07 em pavimento permeável com piso intertravado. Os demais estacionamentos, 05, 08 e 09 por serem existentes, permaneceram com o piso original.
- Substituição das bocas de lobo padrão NOVACAP existentes ao longo do sistema viário lateral ao passeio compartilhado/ciclovía por bocas de lobo com detenção de qualidade.

## PROCIDADES



Figura 1.4 – Ciclovia e calçada compartilhada e estacionamentos a serem implantados

## 2. CRITÉRIOS DE PROJETO

### 2.1. Vazões de Projeto

O cálculo das descargas de concepção, para fins de dimensionamento foi feito segundo o “Método Racional”, que estabelece uma relação direta do deflúvio e a precipitação pluviométrica.

Segundo a CETESB(1979) a aplicação do método racional requer a adoção de algumas premissas básicas, são elas:

- O pico do deflúvio superficial direto, relativo a um dado ponto do projeto, é função do tempo de concentração respectivo, assim como da intensidade da chuva, cuja duração, é suposta como sendo igual ao tempo de concentração em questão.
- As condições de permeabilidade das superfícies permanecem constantes durante a ocorrência da chuva.
- O pico do deflúvio direto ocorre quando toda a área de drenagem, a montante do ponto de projeto, passa a contribuir no escoamento.

Após a definição do “layout” da rede de drenagem pretendida, foi traçada a área de contribuição, a fim de proceder ao seu dimensionamento.

O “Método Racional” utilizado tanto para o cálculo das descargas para fins de dimensionamento das bocas de lobo, como das redes coletoras, é representado pela seguinte equação:

$$Q = C \times i \times A$$

Onde:

Q - vazão (l/s);

C - coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

I - intensidade da chuva crítica (l/s/ha);

A - área da bacia que contribui para a seção (ha).

### 2.2. Parâmetros de Projeto

#### 2.2.1. Coeficiente de Escoamento Superficial (C)

O coeficiente de escoamento superficial, que expressa a parcela da precipitação que não evaporou, não se infiltrou, não ficou retida nas depressões do terreno, não foi interceptada pelos vegetais e que não evapotranspirou, foi determinada com base nos seguintes valores, recomendados pela NOVACAP:

- *0.90 para as áreas calçadas ou impermeabilizadas;*
- *0.78 para áreas com blocos intertravados maciço*
- *0.70 para as áreas intensamente urbanizadas e sem áreas verdes;*

## PROCIDADES

- 0.40 para as áreas com bloco intertravado vazado com preenchimento de areia ou grama;
- 0.30 para áreas de solo natural com recobrimento de brita;
- 0.20 para áreas com inclinação superior a 5% integralmente gramadas ou com jardins ou vegetação natural
- 0.15 para áreas com inclinação inferior a 5% integralmente gramadas ou com jardins ou vegetação natural
- 

O coeficiente de escoamento superficial adotado para o dimensionamento do pavimento permeável nos estacionamentos com piso intertravados foi  $c=0.78$  enquanto que para o dimensionamento do volume de preenchimento das trincheiras de infiltração em função das mesmas se situarem imediatamente após as calçadas compartilhadas foi de  $c=0.90$ .

### 2.2.2. Intensidade de Chuva Crítica ( i )

Intensidade de Chuva Crítica ( i )

Utilizou-se a curva de intensidade versus duração de chuva desenvolvida durante a elaboração do PDDU-DF, que tem a seguinte expressão:

$$i = \frac{4.374,17 \cdot F^{0,207}}{(tc + 11)^{0,884}}$$

Onde:

i - Intensidade de chuva crítica (l/s/ha);

F - Tempo de recorrência (anos);

Tc - Tempo de concentração (min);

Para determinação da intensidade crítica, foram calculados os tempos de concentração (frequência) e igualados ao tempo de duração da chuva.

Foi adotado o tempo de recorrência de 10 anos para a determinação da intensidade de chuva crítica.

$$F = Tr = 10 \text{ anos}$$

### 3. MELHORIAS NO SISTEMA DE DRENAGEM A SEREM IMPLANTADAS

#### 3.1. Trincheiras de Infiltração

Foi previsto nesse projeto a implantação de 6 trincheiras de infiltração imediatamente após o passeio compartilhado na face da ADE que faz divisa com a Av. Elmo Cerejo conforme pode ser visto na figura 3.1 a seguir.



Figura 3.1 – Trincheira de infiltração a ser implantada imediatamente após o passeio

O objetivo dessas trincheiras é proteger os estacionamentos da vazão que será gerada pela precipitação sobre o passeio compartilhado.

Para o dimensionamento do seu volume de preenchimento ( $V_p$ ) utilizou-se a equação 1 apresentada na página 145 do manual de drenagem pluvial da ADASA.

$$V_p = 6000 \times \frac{td}{P} \times [0.00125 \times A \times c \times (I - 24.4) - K \times A_{inf} \times C_s]$$

Onde:

$V_p$  = volume de preenchimento em ( $m^3$ )

$td$  = tempo de duração da chuva (min);

$P$  = porosidade do material granular ou índice de vazios (%);

$A$  = área de contribuição ( $ha$ );

## PROCIDADES

$c$  = coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

24,4 (L/sxha) = vazão de restrição conforme Resolução 9/2011 da ADASA (2011b);

$k$  = coeficiente de permeabilidade do solo saturado (m/s);

$A_{inf}$  = área de infiltração da MC que é igual à área do fundo mais a metade das áreas laterais em contato com o solo (m<sup>2</sup>), logo considerando a pior situação que é a trincheira 4 com 121 m de extensão o valor de  $A_{inf}$  = 218 m<sup>2</sup>;

$C_s$  = coeficiente de segurança de redução do coeficiente de permeabilidade, adotado igual a 0,5;

$I$  = intensidade da chuva crítica (L/sxha) correspondente ao tempo de duração  $t_d$  calculada pela equação IDF do Distrito Federal conforme descrita no subitem 2.2.2 acima.

Foi calculada a maior trincheira considerando tratar-se da pior situação.

Nesse sentido foi adotado:

$t_d$  = 15 min;

$P$  = 30 (%) para brita 2;

$A$  = calculada em planta para cada trincheira (ha);

$c$  = 0.90;

$k$  = 0.0038 m/s (ver Anexo 5);

$A_{inf}$  = calculada em planta para cada trincheira (m<sup>2</sup>);

$C_s$  = 0,5;

$I$  = 342.57 l/sxha

$$V_p = 6000 \times \frac{15}{30} \times [0.00125 \times 0.03 \times 0.90 \times (342.57 - 24.4) - 0.0038 \times 218 \times 0.5]$$

Resultando em um volume de preenchimento  $V_p = 32.17 \text{ m}^3$

Cada trincheira foi dotada de um tubo dreno corrugado na camada superior da brita, antes da manta geotêxtil, para funcionar como um extravasor para quando o solo apresentar saturação e o nível d'água da trincheira aumentar a vazão poder escoar do extravasor para o PV e consequentemente a rede.

Esse tubo também foi calculado para a trincheira 4 com 121 m que por ser a mais extensa representa também a maior vazão.

Seu dimensionamento é dado pela fórmula apresentada na página 149 do manual de drenagem pluvial da ADASA.

$$Q = L \times Cd \times Aor \times N \times \sqrt{2 \times g \times h}$$

Onde:

## PROCIDADES

Q = Vazão (m³/s);

L = comprimento do tubo (m);

Cd = coeficiente de descarga dos orifícios 0.61;

Aor = área dos orifícios (m²);

N = número de orifícios por unidade de comprimento;

g = aceleração da gravidade (m/s²);

h = carga hidráulica = altura do nível máximo de água (m).

Foi adotado tubo corrugado de 100 mm como dreno, tendo como referência o catálogo técnico da TIGRE para a obtenção dos valores de Aor e N para utilização na fórmula acima apresentada.

Manual encontrado no endereço abaixo, tabela da página 56 onde resultou em Aor = 0.0002 e N = 312.

(<https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-drenagem.pdf>)

$$Q = 121 \times 0.61 \times 0.00002 \times 312 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 1.0} = 2.03 \text{ m}^3/\text{s}$$

Esse dreno lançará a vazão em PV de 600 mm padrão NOVACAP que deverá ser construído ao lado de cada trincheira. Esse PV coletará essa vazão do dreno e lançará no PV existente da rede de drenagem da ADE Centro Norte imediatamente mais próximo.

A figura 3.2 a seguir apresenta a seção tipo que deverá ser adotado para todas as trincheiras que serão implantadas.

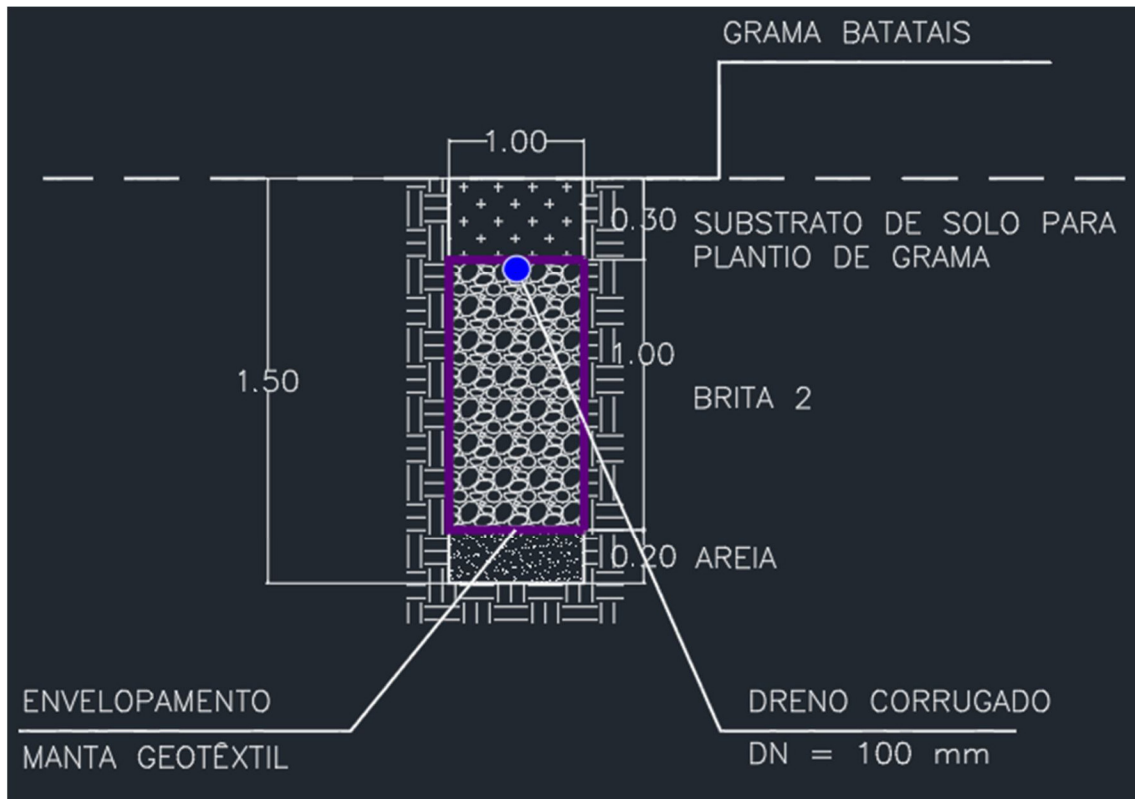


Figura 3.2 - Projeto tipo da trincheira de infiltração

O Anexo 1 apresenta a planilha hidráulica das redes que recebem esses drenos e interligam nos PVs mais próximos das redes existentes.

### 3.2. Pavimento permeável dos estacionamentos

Para os estacionamentos 01, 02, 03, 04, 06 e 07 foi previsto a implantação de intertravado e uma camada de brita 2 para amortecer a vazão precipitada sob os mesmos.

Para o dimensionamento da espessura dessa camada foi considerado o maior estacionamento, 03, e utilizada a fórmula apresentada na página 158 do manual da ADASA.

$$H_i = 0.6 \times \frac{td}{P} \times \left[ 0.00125 \times \left( c \times \frac{A_e}{A_p} + 1 \right) \times (I - 24.4) - k \times C_s \right]$$

Onde:

$H_i$  = altura de preenchimento (m);

$td$  = tempo de duração da chuva (min);

$P$  = porosidade do material granular ou índice de vazios (%);

$A_e$  = área de contribuição externa ao pavimento (ha);

$A_p$  = área do pavimento (ha);

## PROCIDADES

$c$  = coeficiente de escoamento superficial da área de contribuição externa (adimensional);

$I$  = intensidade da chuva crítica (L/sxha) correspondente ao tempo de duração  $t_d$  calculada pela equação IDF do Distrito Federal;

24,4 (L/sxha) = vazão de restrição conforme Resolução 9/2011 da ADASA (2011b);

$k$  = coeficiente de permeabilidade do solo saturado (m/s);

$C_s$  = coeficiente de segurança de redução do coeficiente de permeabilidade, adotado igual a 0,5.

**O resultado deste dimensionamento resultou em um  $H_i = 0.1785$  m adotado  $H_i = 0.20$  m.**

O Anexo 3 apresenta a tabela resultante do dimensionamento dessa altura  $H_i$  que corresponde a espessura da camada de brita 2 a ser adotada embaixo de todos os estacionamentos permeáveis a serem implantados.

### **3.3. Bocas de lobo com reservatório de retenção de qualidade**

Foi proposto a substituição de 49 bocas de lobo padrão NOVACAP existentes ao longo do sistema viário que margeia o passeio compartilhado e a ciclovia por bocas de lobo com reservatório de retenção de quantidade e qualidade.

A finalidade da implantação dessas estruturas é de aumentar o tempo de concentração da água pluvial na bacia de contribuição e permitir um pré-tratamento dessa água com a sedimentação e retenção do material particulado dentro da estrutura.

Essa proposta vem de encontro ao preconizado na literatura técnica para o manejo da água pluvial em áreas urbanas que é de procurar o manejo da mesma no local, evitando sempre que possível a construção de grandes reservatórios de retenção.

Ainda deve ser considerado que não existe área disponível para ampliação das bacias de retenção tendo em vista ocupações ao redor das mesmas. Também não é possível aprofundá-las devido ao nível do lençol freático já elevado.

Algumas bocas de lobo tiveram que ser reposicionadas em função das travessias de pedestres que forma propostas no projeto de urbanização SIV 014/2020 elaborado pela SEDUH.

O volume de armazenamento é de aproximadamente  $3,5\text{m}^3$  para cada boca de lobo com reservatório de qualidade e quantidade, logo considerando que serão implantadas 49 bocas de lobo o total armazenado é de  $171.50\text{m}^3$ .

As figuras 3.3 a 3.5 a seguir apresentam essas bocas de lobo adotadas.

# PROCIDADES

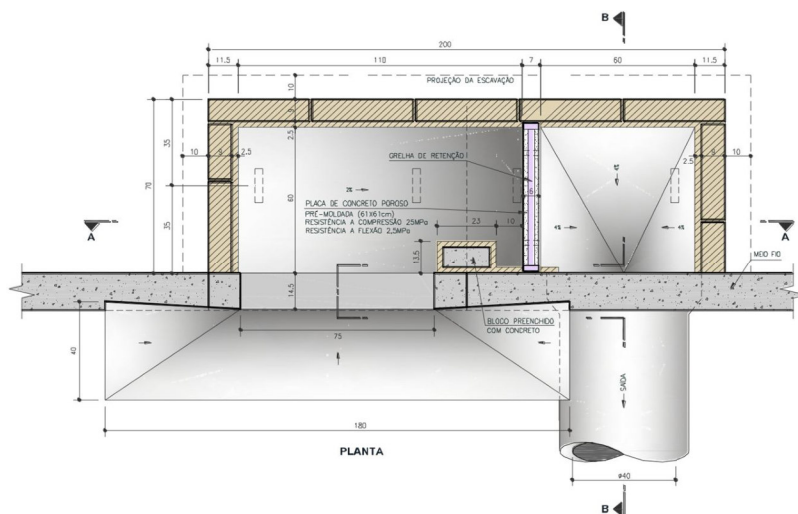


Figura 3.3 – Planta baixa da boca de lobo de qualidade/quantidade

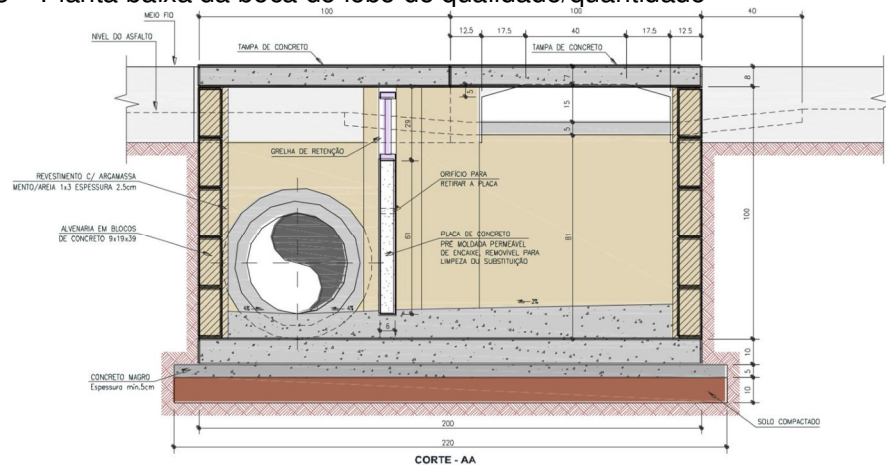


Figura 3.4 – Corte da boca de lobo de qualidade/quantidade

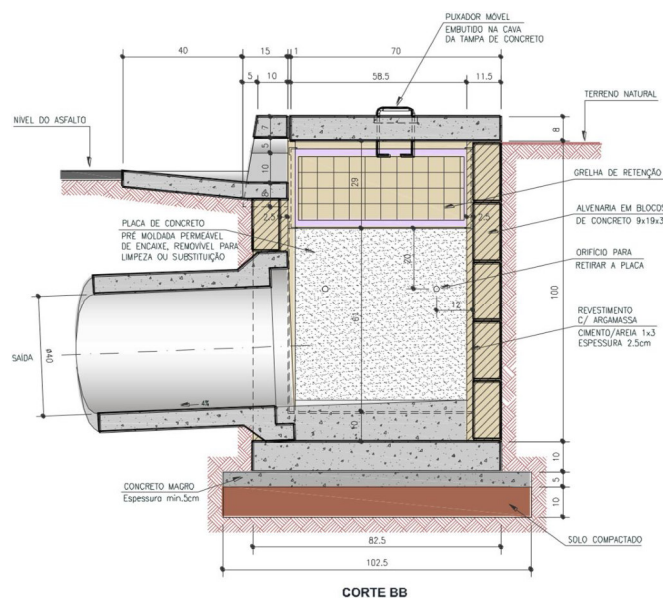


Figura 3.5 – Corte da boca de lobo de qualidade/quantidade

### 3.4. Limpeza das bacias de retenção

No presente projeto está previsto o serviço de limpeza e recuperação das quatro bacias de retenção de tal maneira que as mesmas, após limpas, retornem as suas condições originais de projeto com os seguintes volumes, profundidades e taludes conforme apresentados na tabela 3.1 e na figura 3.6 a seguir apresentadas.

Tabela 3.1 – Condições originais de projeto das bacias de retenção

| Bacia | Volume | Profundidade | Taludes |
|-------|--------|--------------|---------|
| 1     | 9781   | 3.5          | 1:2     |
| 2     | 9781   | 3.5          | 1:2     |
| 3     | 5528   | 3.5          | 1:2     |
| 4     | 4205   | 3.5          | 1:2     |

O projeto original foi elaborado pela empresa Saint German em 2000 utilizando os parâmetros Termo de Referência da NOVACAP da época e sem a previsão de implantação de bacias de retenção. Um resumo dos parâmetros de projeto adotados à época foi o tempo de recorrência TR=5 anos, equação do Professor Francisco, coeficiente de escoamento superficial ponderado  $c=0.73$  e área de contribuição total de 59.39 hectares com previsão de execução de um extenso emissário de lançamento final com vários PVs funcionando como degraus para vencer o desnível entre a ADE Centro Norte e o lançamento final no Córrego Taguatinga.

Posteriormente em junho de 2007 a empresa ARKIS Engenharia projetou as quatro bacias de retenção hoje existentes conforme exigência da licença de instalação do IBAMA nº 021/2007, itens 3, 4, 5 e 8.

Posteriormente, foi interligado ao sistema de drenagem da ADE Centro Norte, especificamente em um PV criado ao lado da Avenida Elmo Serejo e nas proximidades do PV 3.1 uma área de contribuição de aproximadamente 39 hectares que drena parte das quadras QNPs 14, 16, 18 e 20 do Setor P Sul da Ceilândia.

## PROCIDADES

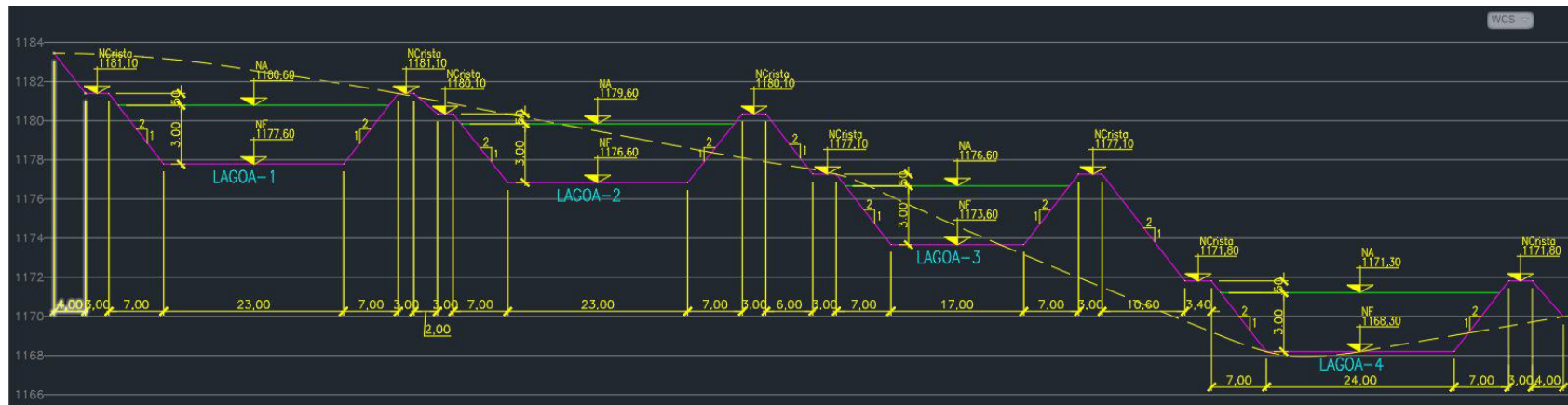


Figura 3.6 – Corte esquemático do projeto das bacias de detenção da ADE Centro Norte obtido no cadastro da NOVACAP

#### 4. SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM EXISTENTE NO SWMM

Foi realizada modelação de funcionamento do sistema de drenagem pluvial existente da ADE Centro Norte no software SWMM versão 5.1.

##### 4.1. METODOLOGIA ADOTADA PARA A SIMULAÇÃO NO SWMM

Foram modeladas as redes coletoras e as quatro bacias de retenção existentes. Para isso foi utilizado o cadastro do sistema de drenagem existente obtido na SEAU/NOVACAP bem como desenhos do projeto da readequação do lançamento do sistema de drenagem pluvial da ADE Centro Norte.

No Anexo 3 é encontrada a tabela com os valores das áreas, comprimento e a largura de cada área de contribuição segundo o cadastro das redes existentes que foram utilizados para a alimentação do modelo no SWMM.

Para a modelação das quatro bacias de retenção foram utilizadas as plantas de projeto obtidas na SEAU/NOVACAP e extraídos as informações de área, profundidade e talude 1:2 de cada bacia de tal maneira que fosse possível traçar, dentro do SWMM, a curva cota x área.

As tabelas 4.1 a 4.4 apresentam as informações de profundidade, cota, área, perímetro, volume a cada 0,50 m de altura, os diâmetros das descargas de fundo e as dimensões dos vertedores de cada bacia.

Tabela 4.1 – Dados da bacia 1

| TABELA COTA X VOLUME X ÁREA BACIA 1 DA ADE CENTRO NORTE |                  |                                                         |            |               |           |               |               |                   |                        |                      |
|---------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------|------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-------------------|------------------------|----------------------|
| Rede                                                    | 1                |                                                         |            |               |           |               |               |                   |                        |                      |
| Área (ha)                                               | 89.53            | Área de contribuição somada da rede da ADE Centro Norte |            |               |           |               |               |                   |                        |                      |
| Área (km²)                                              | 0.89527          |                                                         |            |               |           |               |               |                   |                        |                      |
| Cota de Fundo - Descarga de Qualidade (m)               | 1,177.60         |                                                         |            |               |           |               |               |                   |                        |                      |
| Cota do Vertedor (m)                                    | 1,180.60         |                                                         |            |               |           |               |               |                   |                        |                      |
| Cota de coroamento (m)                                  | 1,181.10         |                                                         |            |               |           |               |               |                   |                        |                      |
| Volume Útil (m³)                                        | 8059             |                                                         |            |               |           |               |               |                   |                        |                      |
| Volume Total (m³)                                       | 9781             |                                                         |            |               |           |               |               |                   |                        |                      |
| Diâmetro da Descarga de Quantidade (mm)                 | 600              |                                                         |            |               |           |               |               |                   |                        |                      |
| Quantidade de Tubos de Descarga de Quantidade (un)      | 2                |                                                         |            |               |           |               |               |                   |                        |                      |
| Área de cada Descarga de Quantidade (m²)                | 0.283            |                                                         |            |               |           |               |               |                   |                        |                      |
| Comprimento do Vertedor (m)                             | 20.000           |                                                         |            |               |           |               |               |                   |                        |                      |
| Talude                                                  | Profundidade (m) | Cota (m)                                                | Talude (m) | Perímetro (m) | Área (m²) | Volume 1 (m³) | Volume 2 (m³) | Volume Total (m³) | Volume HMS (m³ x 1000) | Área HMS (m² x 1000) |
| 2.00                                                    | -                | 1177.600                                                | 0.000      | 216.416       | 2,037.040 | 0.00          | 0.00          | 0.00              | 0.000                  | 2.037                |
|                                                         | 0.50             | 1178.100                                                | 1.000      | 222.699       | 2,256.597 | 1128.30       | 55.67         | 1072.62           | 1.073                  | 2.257                |
|                                                         | 1.00             | 1178.600                                                | 2.000      | 228.982       | 2,482.438 | 2482.44       | 228.98        | 2253.46           | 2.253                  | 2.482                |
|                                                         | 1.50             | 1179.100                                                | 3.000      | 235.266       | 2,714.562 | 4071.84       | 529.35        | 3542.50           | 3.542                  | 2.715                |
|                                                         | 2.00             | 1179.600                                                | 4.000      | 241.549       | 2,952.969 | 5905.94       | 966.19        | 4939.74           | 4.940                  | 2.953                |
|                                                         | 2.50             | 1180.100                                                | 5.000      | 247.832       | 3,197.659 | 7994.15       | 1548.95       | 6445.20           | 6.445                  | 3.198                |
|                                                         | 3.00             | 1180.600                                                | 6.000      | 254.115       | 3,448.633 | 10345.90      | 2287.04       | 8058.86           | 8.059                  | 3.449                |
|                                                         | 3.50             | 1181.100                                                | 7.000      | 260.398       | 3,705.889 | 12970.61      | 3189.88       | 9780.73           | 9.781                  | 3.706                |

# PROCIDADES

Tabela 4.1 – Dados da bacia 2

| TABELA COTA X VOLUME X ÁREA BACIA 2 DA ADE CENTRO NORTE |                  |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
|---------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------|------------|---------------|-----------|--------------|---------------|-------------------|------------------------|----------------------|
| Rede                                                    | 1                |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Área (ha)                                               | 89.53            | Área de contribuição somada da rede da ADE Centro Norte |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Área (km²)                                              | 0.89527          |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Cota de Fundo - Descarga de Qualidade (m)               | 1,176.60         |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Cota do Vertedor (m)                                    | 1,179.60         |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Cota de coroamento (m)                                  | 1,180.10         |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Volume Útil (m³)                                        | 8125             |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Volume Total (m³)                                       | 9885             |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Diâmetro da Descarga de Quantidade (mm)                 | 600              |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Quantidade de Tubos de Descarga de Quantidade (un)      | 2                |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Área de cada Descarga de Quantidade(m²)                 | 0.283            |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Comprimento do Vertedor (m)                             | 15.000           |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Talude                                                  | Profundidade (m) | Cota (m)                                                | Talude (m) | Perímetro (m) | Área (m²) | Volume1 (m³) | Volume 2 (m³) | Volume Total (m³) | Volume HMS (m³ x 1000) | Área HMS (m² x 1000) |
| 2.00                                                    | -                | 1176.600                                                | 0.000      | 209.518       | 2032.085  | 0.00         | 0.00          | 0.00              | 0.000                  | 2.032                |
|                                                         | 0.50             | 1177.100                                                | 1.000      | 214.476       | 2249.586  | 1124.79      | 53.62         | 1071.17           | 1.071                  | 2.250                |
|                                                         | 1.00             | 1177.600                                                | 2.000      | 219.434       | 2473.014  | 2473.01      | 219.43        | 2253.58           | 2.254                  | 2.473                |
|                                                         | 1.50             | 1178.100                                                | 3.000      | 224.391       | 2702.370  | 4053.55      | 504.88        | 3548.67           | 3.549                  | 2.702                |
|                                                         | 2.00             | 1178.600                                                | 4.000      | 229.349       | 2937.654  | 5875.31      | 917.40        | 4957.91           | 4.958                  | 2.938                |
|                                                         | 2.50             | 1179.100                                                | 5.000      | 234.307       | 3178.865  | 7947.16      | 1464.42       | 6482.75           | 6.483                  | 3.179                |
|                                                         | 3.00             | 1179.600                                                | 6.000      | 239.265       | 3426.005  | 10278.01     | 2153.38       | 8124.63           | 8.125                  | 3.426                |
|                                                         | 3.50             | 1180.100                                                | 7.000      | 244.222       | 3679.072  | 12876.75     | 2991.72       | 9885.03           | 9.885                  | 3.679                |

Tabela 4.1 – Dados da bacia 3

| TABELA COTA X VOLUME X ÁREA BACIA 3 DA ADE CENTRO NORTE |                  |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
|---------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------|------------|---------------|-----------|--------------|---------------|-------------------|------------------------|----------------------|
| Rede                                                    | 1                |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Área (ha)                                               | 89.53            | Área de contribuição somada da rede da ADE Centro Norte |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Área (km²)                                              | 0.89527          |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Cota de Fundo - Descarga de Qualidade (m)               | 1,173.60         |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Cota do Vertedor (m)                                    | 1,176.60         |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Cota de coroamento (m)                                  | 1,177.10         |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Volume Útil (m³)                                        | 4511             |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Volume Total (m³)                                       | 5528             |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Diâmetro da Descarga de Quantidade (mm)                 | 600              |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Quantidade de Tubos de Descarga de Quantidade (un)      | 2                |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Área de cada Descarga de Quantidade(m²)                 | 0.283            |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Comprimento do Vertedor (m)                             | 15.000           |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Talude                                                  | Profundidade (m) | Cota (m)                                                | Talude (m) | Perímetro (m) | Área (m²) | Volume1 (m³) | Volume 2 (m³) | Volume Total (m³) | Volume HMS (m³ x 1000) | Área HMS (m² x 1000) |
| 2.00                                                    | -                | 1173.600                                                | 0.000      | 151.416       | 1049.540  | 0.00         | 0.00          | 0.00              | 0.000                  | 1.050                |
|                                                         | 0.50             | 1174.100                                                | 1.000      | 157.699       | 1204.097  | 602.05       | 39.42         | 562.62            | 0.563                  | 1.204                |
|                                                         | 1.00             | 1174.600                                                | 2.000      | 163.982       | 1364.938  | 1364.94      | 163.98        | 1200.96           | 1.201                  | 1.365                |
|                                                         | 1.50             | 1175.100                                                | 3.000      | 170.266       | 1532.062  | 2298.09      | 383.10        | 1915.00           | 1.915                  | 1.532                |
|                                                         | 2.00             | 1175.600                                                | 4.000      | 176.549       | 1705.469  | 3410.94      | 706.19        | 2704.74           | 2.705                  | 1.705                |
|                                                         | 2.50             | 1176.100                                                | 5.000      | 182.832       | 1885.159  | 4712.90      | 1142.70       | 3570.20           | 3.570                  | 1.885                |
|                                                         | 3.00             | 1176.600                                                | 6.000      | 189.115       | 2071.133  | 6213.40      | 1702.04       | 4511.36           | 4.511                  | 2.071                |
|                                                         | 3.50             | 1177.100                                                | 7.000      | 195.398       | 2263.389  | 7921.86      | 2393.63       | 5528.23           | 5.528                  | 2.263                |

Tabela 4.1 – Dados da bacia 4

| TABELA COTA X VOLUME X ÁREA BACIA 4 DA ADE CENTRO NORTE |                  |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
|---------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------|------------|---------------|-----------|--------------|---------------|-------------------|------------------------|----------------------|
| Rede                                                    | 1                |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Área (ha)                                               | 89.53            | Área de contribuição somada da rede da ADE Centro Norte |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Área (km²)                                              | 0.89527          |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Cota de Fundo - Descarga de Qualidade (m)               | 1,168.30         |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Cota do Vertedor (m)                                    | 1,171.30         |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Cota de coroamento (m)                                  | 1,171.80         |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Volume Útil (m³)                                        | 3439             |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Volume Total (m³)                                       | 4205             |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Diâmetro da Descarga de Quantidade (mm)                 | 600              |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Quantidade de Tubos de Descarga de Quantidade (un)      | 2                |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Área de cada Descarga de Quantidade(m²)                 | 0.283            |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Comprimento do Vertedor (m)                             | 15.000           |                                                         |            |               |           |              |               |                   |                        |                      |
| Talude                                                  | Profundidade (m) | Cota (m)                                                | Talude (m) | Perímetro (m) | Área (m²) | Volume1 (m³) | Volume 2 (m³) | Volume Total (m³) | Volume HMS (m³ x 1000) | Área HMS (m² x 1000) |
| 2.00                                                    | -                | 1168.300                                                | 0.000      | 109.87        | 816.83    | 0.00         | 0.00          | 0.00              | 0.000                  | 0.817                |
|                                                         | 0.50             | 1168.800                                                | 1.000      | 116.15        | 929.84    | 464.92       | 29.04         | 435.88            | 0.436                  | 0.930                |
|                                                         | 1.00             | 1169.300                                                | 2.000      | 122.43        | 1049.13   | 1049.13      | 122.43        | 926.70            | 0.927                  | 1.049                |
|                                                         | 1.50             | 1169.800                                                | 3.000      | 128.72        | 1174.70   | 1762.05      | 289.61        | 1472.44           | 1.472                  | 1.175                |
|                                                         | 2.00             | 1170.300                                                | 4.000      | 135.00        | 1306.56   | 2613.12      | 540.00        | 2073.12           | 2.073                  | 1.307                |
|                                                         | 2.50             | 1170.800                                                | 5.000      | 141.28        | 1444.70   | 3611.75      | 883.01        | 2728.74           | 2.729                  | 1.445                |
|                                                         | 3.00             | 1171.300                                                | 6.000      | 147.57        | 1589.12   | 4767.37      | 1328.09       | 3439.29           | 3.439                  | 1.589                |
|                                                         | 3.50             | 1171.800                                                | 7.000      | 153.85        | 1739.83   | 6089.41      | 1884.64       | 4204.77           | 4.205                  | 1.740                |

## PROCIDADES

Como não foi encontrado o relatório do projeto de drenagem da readequação do lançamento com a implantação das bacias de retenção, essa projetista adotou um CN para o cálculo da vazão segundo o método do SCS segundo a tabela 4.5 a seguir apresentada.

Tabela 4.5 – Números da Curva CN do SCS

| NUMEROS DA CURVA DO SCS (CONDIÇÃO DE UMIDADE II) |                                               |           |           |           |           |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| BACIAS URBANAS                                   |                                               |           |           |           |           |
| USO DO SOLO                                      | SUPERFÍCIE                                    | SOLO A    | SOLO B    | SOLO C    | SOLO D    |
| Residencial                                      | Lote até 500m <sup>2</sup> (65% impermeável)  | 77        | 85        | 90        | 92        |
|                                                  | Lote até 1000m <sup>2</sup> (38% impermeável) | 61        | 75        | 83        | 87        |
|                                                  | Lote até 1500m <sup>2</sup> (30% impermeável) | 57        | 72        | 81        | 86        |
| Estacionamentos                                  | Pavimentados                                  | 98        | 98        | 98        | 98        |
|                                                  | Cobertos (telhados)                           | 98        | 98        | 98        | 98        |
| Ruas e Estradas                                  | Pavimentadas, com guias e drenagens           | 98        | 98        | 98        | 98        |
|                                                  | Com cascalho                                  | 76        | 85        | 89        | 91        |
|                                                  | De terra                                      | 72        | 82        | 87        | 89        |
| Áreas comerciais                                 | 85% de impermeabilização                      | 89        | 92        | 94        | 95        |
| <b>Distritos industriais</b>                     | <b>72% de impermeabilização</b>               | <b>81</b> | <b>88</b> | <b>91</b> | <b>93</b> |
| Espaços abertos, parques e jardins               | Boas condições, cobertura de grama > 75%      | 39        | 61        | 74        | 80        |
|                                                  | Condições médias, cobertura de grama > 50%    | 49        | 69        | 79        | 84        |

Foi adotado um CN = 93 considerando tratar-se de um distrito industrial com a presença de solos argilosos, (solo D) vide sondagens realizadas, e na condição de umidade II conforme recomendado pela literatura técnica.

Para a determinação da intensidade da chuva crítica foi utilizada a equação IDF publicada no Plano Diretor de Drenagem Urbana e apresentada no Manual de Drenagem Urbana da ADASA na página 302. Essa equação apresenta a seguinte forma:

$$i = \frac{1574.4 \times T^{0,207}}{(Td + 11)^{0,884}}$$

Onde:

- i - Intensidade de chuva crítica (mm/h);
- T - Tempo de recorrência (anos);
- Tc - Tempo de duração da chuva (min);

Essa equação é a mesma do TR da NOVACAP, a única diferença é que a constante a (1574.4) está em mm/h enquanto que a equação apresentada no TR da NOVACAP a mesma constante a está em l/sxhec (4374.17).

$$i = \frac{4374.17 \times T^{0,207}}{(Td + 11)^{0,884}}$$

Onde:

- i - Intensidade de chuva crítica (l/sxhec);
- T - Tempo de recorrência (anos);
- Tc - Tempo de duração da chuva (min);

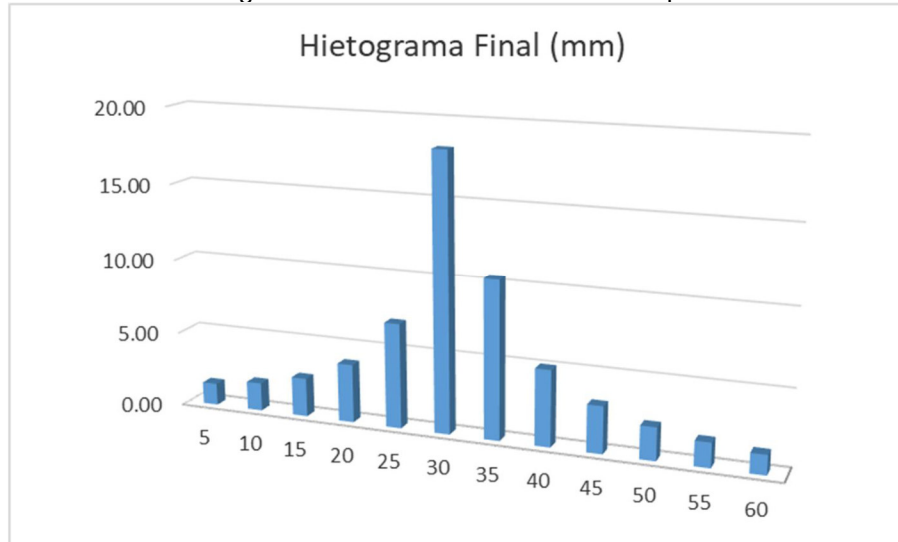
## PROCIDADES

Apesar do projeto, provavelmente, a época de sua elaboração, ter utilizado de um TR = 5 anos na modelação no SWMM foi adotado o tempo de recorrência de 10 anos conforme preconiza o TR atual da NOVACAP.

$$F = Tr = 10 \text{ anos}$$

O gráfico 4.1 a seguir apresenta o hietograma resultante da IDF acima.

Gráfico 4.1 – Hietograma resultante da IDF do PDDU para TR de 10 anos e duração 1 hora



Por fim, o modelo de transporte hidráulico adotado para a simulação no SWMM foi a onda dinâmica.

O modelo de transporte hidráulico pela onda dinâmica resolve as equações completas unidimensionais de *Saint Venant* gerando resultados mais precisos uma vez que considera o armazenamento nos condutos, o ressalto hidráulico, as perdas de carga nas entradas e saídas dos tubos além do remanso.

É o modelo de transporte hidráulico de uma rede que mais se aproxima da realidade.

### 4.2. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO NO SWMM

Após a simulação no SWMM foi constatado que a rede simulada segundo o cadastro existente do sistema de drenagem existente da ADE Centro Norte tem capacidade de absorver uma chuva de TR = 10 anos e 1 hora de duração tendo em vista que todos os condutos não entraram em sobrecarga e nenhum PV apresentou o *flooding*, alagamento ao seu redor.

No Anexo 4 é apresentada a tabela com o resultado da modelação de cada trecho da rede no SWMM, sendo que o tubo que apresentou o maior enchimento, foi o conduto RD 02 com enchimento de 87%.

As bacias de retenção simuladas também apresentaram capacidade de absorver a mesma chuva sendo que a bacia 1 que amortecia a principal onda resultando em menores volumes nas demais bacias.

## PROCIDADES

O gráfico 4.1z a seguir apresenta os volumes máximos atingidos em cada uma das 4 bacias durante a simulação.

A tabela 4.6 a seguir apresenta o resultado da modelação das quatro bacias no SWMM.

Tabela 4.6 – Resultado da modelação das bacias de retenção no SWMM

| Unidade | Volume máximo na bacia |    | Horário do volume máximo | Vazão afluente |
|---------|------------------------|----|--------------------------|----------------|
|         | m³                     | %  |                          | l/s            |
| BACIA 1 | 8245                   | 83 | 1:24                     | 2793.51        |
| BACIA 2 | 4717                   | 48 | 2:19                     | 2071.71        |
| BACIA 3 | 2386                   | 42 | 2:59                     | 1986.75        |
| BACIA 4 | 94                     | 2  | 2:59                     | 1986.73        |

Se compararmos o resultado da vazão afluente da bacia de retenção 4 1986.73 l/s com a vazão de pré-desenvolvimento preconizada pela Resolução da ADASA nº 009/2011 é possível verificar que está atendida a resolução.

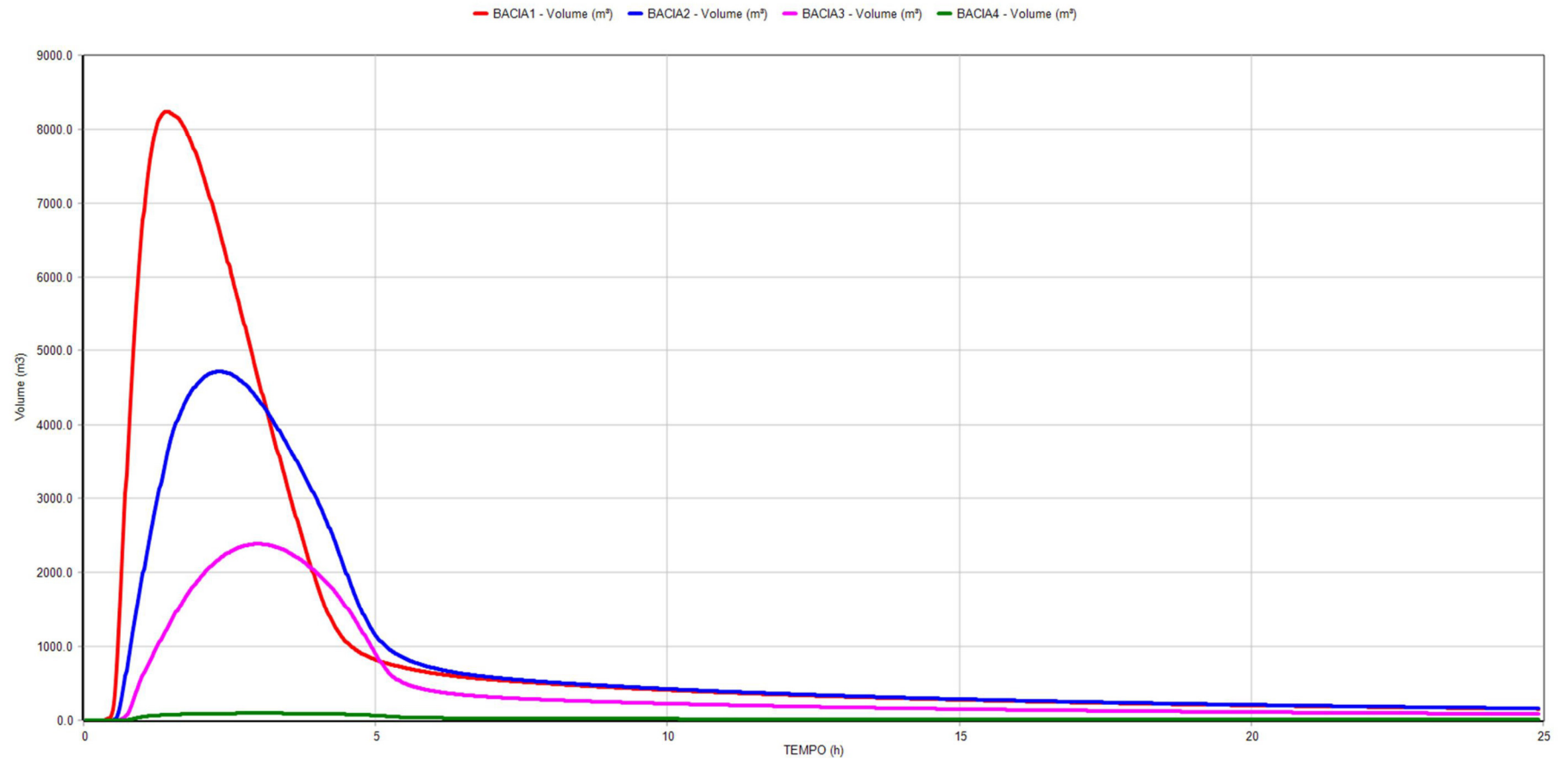
As figuras 4.1 a 4.3 apresentam o perfil das bacias de retenção nos horários de volume máximo segundo a tabela 4.6 acima apresentada.

É possível observar que tanto no Anexo 3 quanto na figura 4.1 que na hora 1:24 o volume da bacia 1 atinge ou seu máximo e passa a regular a lâmina do trecho a montante dela (trecho entre o PV 1.23 e a bacia 1), mas não levando à sobrecarga da tubulação, mas sim elevando a lâmina a 87%.

Os arquivos de simulação no SWMM encontram-se disponibilizados para a NOVACAP para fins de análise da mesma.

## PROCIDADES

**Gráfico 4-1 - Volume máximo de cada bacia para TR de 10 anos e duração 1 hora**



# PROCIDADES

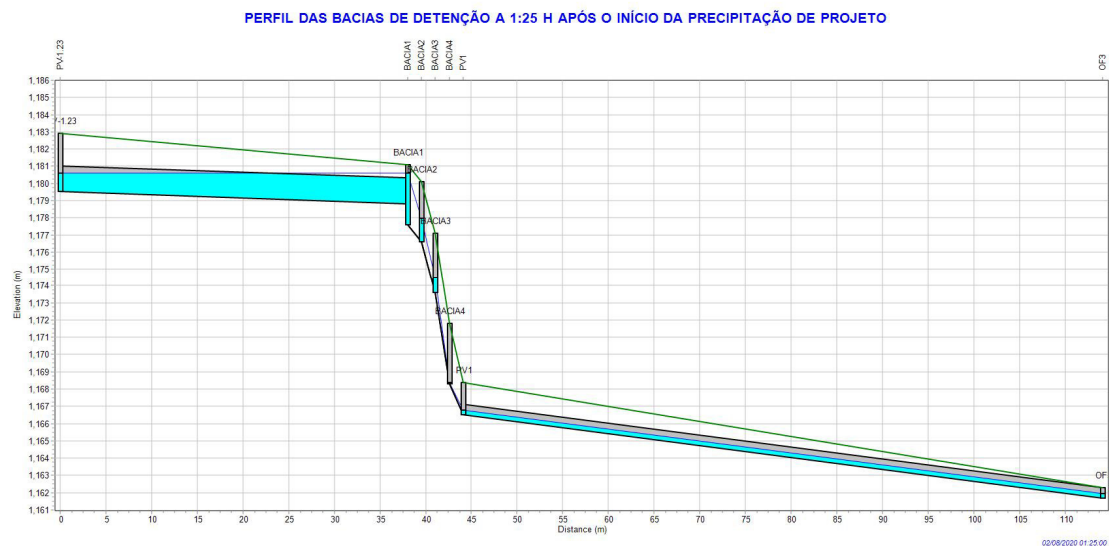


Figura 4.1 – Perfil do sistema de bacias de retenção as 1:25 h após o início da chuva

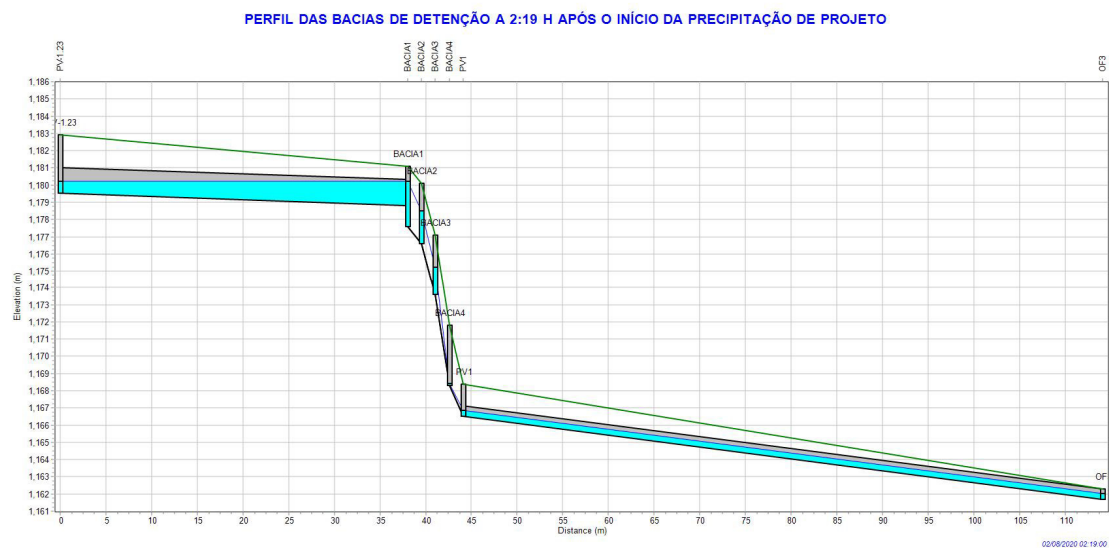


Figura 4.2 – Perfil do sistema de bacias de retenção as 2:19 h após o início da chuva

# PROCIDADES

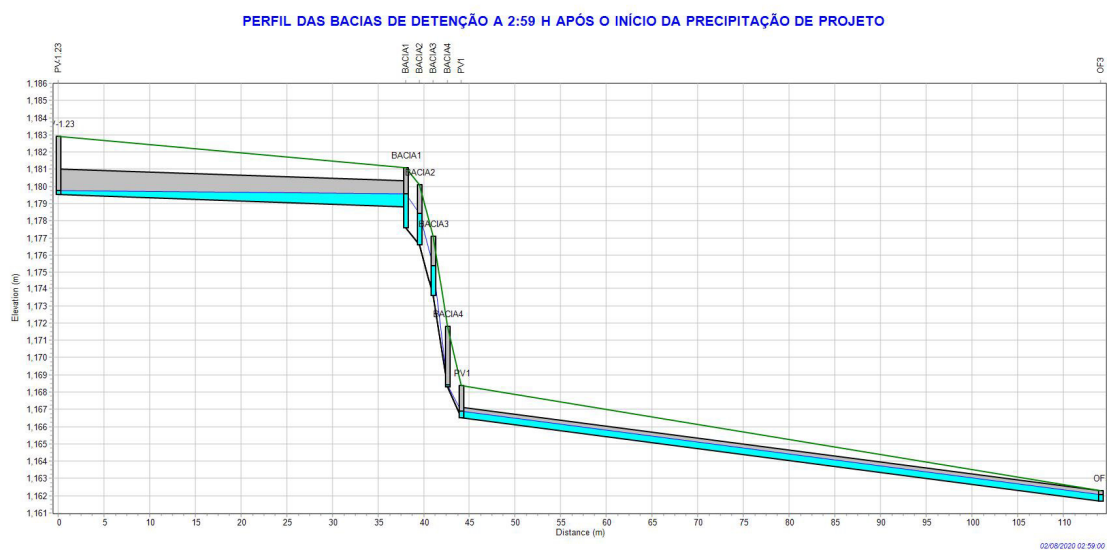


Figura 4.3 – Perfil do sistema de bacias de retenção as 2:59 h após o início da chuva

## 5. ANÁLISE DA ESTABILIDADE DOS TALUDES DAS BACIAS EXISTENTES

Apesar do projeto aqui proposto para melhorias no sistema de drenagem da ADE Centro Norte não propor a alteração na geometria ou volume das quatro bacias de retenção existentes esta Gerenciadora optou por elaborar uma análise da estabilidade dos taludes dessas bacias.

Nesse sentido foram feitos ensaios geotécnicos de sondagens SPT, ensaios de infiltração, ensaio de cisalhamento direto e colapsividade e ensaio de caracterização, compactação e CBR para o levantamento das características do solo, que são fundamentais para a simulação da cenário mais desfavorável quanto à estabilidade dos taludes.

A seção crítica de estabilidade das Bacias de Amortecimento da ADE Centro Norte é uma combinação de fatores que podem acontecer e colocar em risco a estabilidade dos maciços.

Uma vez que o solo da região não apresenta muita variação quanto à resistência e serão adotados ângulo de atrito e coesão conservadores, conforme já mencionados no item 4.3, os fatores que são preponderantes na estabilidade são:

- a) Geometria das bacias – Maior desnível entre as Bacias 03 e 04, com 8 metros figura 4.1 a seguir

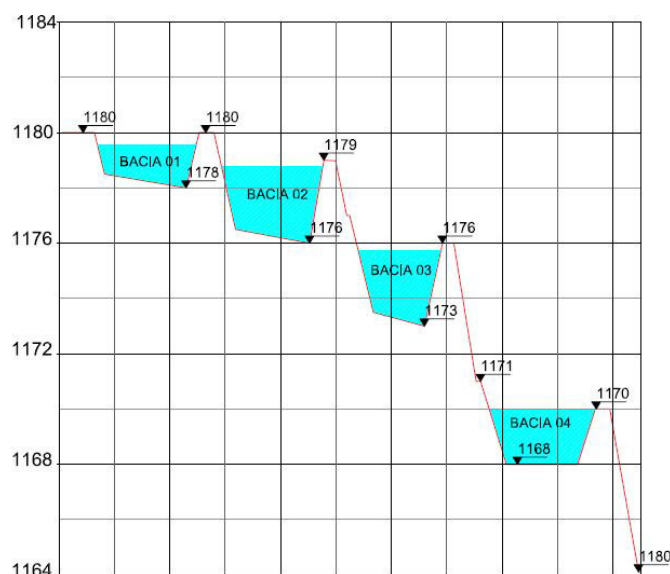


Figura 4.1 – Destaque do maior desnível entre as bacias de amortecimento

- b) Influência do Nível d'água – Pior situação será quando a Bacia 03 estiver cheia e a Bacia 04 vazia, considerando o solo saturado, figura 4.2.
- c) Carga de veículo no topo do Talude – considerado uma carga de 500 kg/m<sup>2</sup>, ou 5,00 kN/m<sup>2</sup>, na via de serviço no topo do talude da Bacia 03, figura 4.2

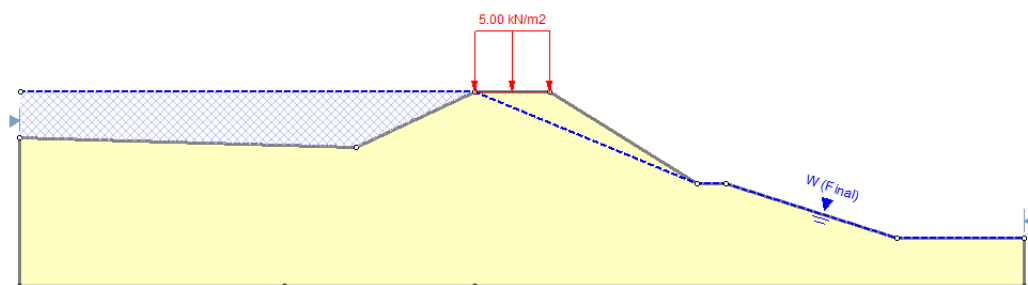


Figura 4.2 - Cenário crítico de estabilidade dos taludes das Bacias de Amortecimento

A conclusão do estudo de estabilidade dos taludes foi que os taludes das Bacias de Amortecimento da ADE estão estáveis.

Como recomendação, é necessário manutenção periódica das bacias, com retirada da vegetação em excesso nos taludes, na crista e no fundo, pois podem provocar o raizamento profundo e o surgimento de canais preferenciais de percolação de água. Também, devem ser realizadas vistorias periódicas para acompanhamento do estado geral das bacias, buscando prevenir o início de processos erosivos nos taludes.

As manutenções de limpeza devem acontecer antes do início do período das chuvas e as vistorias devem ocorrer uma vez por mês neste mesmo período e toda vez logo após de um evento de chuva intenso na região.

O Anexo 5 apresenta o relatório de análise de estabilidade dos taludes.

## 6. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

### 6.1. DE ORDEM GERAL

A presente especificação tem por objetivo estabelecer as condições técnicas exigíveis para a execução da obra projetada, relativa a construção Projeto de Melhoria da Drenagem Pluvial existente da Área de Desenvolvimento Econômico – ADE Centro norte na Ceilândia no âmbito do Programa de Desenvolvimento Econômico do DF – PROCIDADES-DF/BID desenvolvido por meio do contrato de Empréstimo nº 2957/OC-BR firmado entre o Distrito Federal e o Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID.

A obra deverá obedecer rigorosamente às plantas, desenhos e detalhes do projeto, às recomendações específicas dos materiais a serem empregados e aos demais elementos que a Fiscalização venha a fornecer, assim como as Normas Técnicas da ABNT e as Especificações e Encargos Gerais para execução de obras da NOVACAP, naquilo que for pertinente.

Eventuais modificações no Projeto devem ser efetuadas e aprovadas pela contratante.

Em casos de divergência entre os elementos do Projeto, deverão ser seguidos os seguintes critérios:

Divergências entre as cotas assinaladas e as suas dimensões medidas em escala, prevalecerão as primeiras;

Divergências entre desenhos de escalas diferentes prevalecerão os de maior escala;

Divergências entre os elementos não incluídos nos dois casos anteriores prevalecerão o critério e a interpretação da Fiscalização, para cada caso.

Todos os aspectos particulares, os omissos e ainda os de obras complementares não considerados no projeto, serão em ocasião oportuna, especificados e detalhados pela Fiscalização.

Os serviços deverão ser iniciados após o recebimento da Ordem de Serviço e dentro do prazo pré-estabelecido.

Antes de qualquer operação referente à obra, deverão estar reunidos e organizados em perfeita ordem, no local de trabalho, os meios (pessoal, materiais, equipamentos, acessórios, ferramentas e reservas), aptos, necessários e suficientes para garantir a boa execução de qualquer serviço e a sua continuidade, com a melhor técnica, a fim de que, uma vez iniciado, possa prosseguir até a sua conclusão, dentro do prazo previsto, sem interrupção.

## 6.2. DE ORDEM CONSTRUTIVA (MATERIAIS E SERVIÇOS)

### 6.2.1. Locação

Toda locação deverá seguir rigorosamente o projeto, salvo nos casos em que outra rede de infraestrutura já tenha sido executada no local. Nesta locação deverão ser cadastradas todas as possíveis interferências, quer sejam de redes de infraestrutura ou qualquer outro obstáculo, com o objetivo de serem procedidos estudos para novo caminhamento, se for o caso.

Após a locação a Contratada deverá calcular as Notas de Serviço obedecendo todos os dados do projeto, no que diz respeito a diâmetros, declividades e profundidades. Somente após a liberação das Notas de Serviço pela Fiscalização, poderão ser iniciados os trabalhos de escavação de valas.

Antes de iniciar qualquer frente de serviço a Contratada deverá solicitar à todas as concessionárias os cadastros de suas redes, para que sejam eliminadas eventuais divergências entre estes e o cadastramento feito quando da locação. Qualquer dano causado às redes das concessionárias será de inteira responsabilidade da Contratada.

### 6.2.2. Escavação

As escavações das redes deverão ser de acordo com as notas de serviços, que obedecem rigorosamente às cotas dos perfis acrescidas das espessuras do tubo, da bolsa do tubo e do lastro de brita compactada, ou da espessura da laje inferior, do lastro de concreto magro, quando se tratar de galeria ou canal em concreto armado moldado “in loco”. Estes acréscimos, em metros, são conforme o quadro abaixo:

Quadro de Acréscimos nas Escavações

| <b>Diâmetro dos tubos (mm)</b>                     | <b>400</b> | <b>500</b> | <b>600</b> | <b>800</b> | <b>1000</b> | <b>1200</b> | <b>1500</b> |
|----------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Espessura do tubo (mm)</b>                      | 0,04       | 0,05       | 0,06       | 0,08       | 0,10        | 0,12        | 0,15        |
| <b>Espessura da bolsa do tubo (mm)</b>             | 0,04       | 0,05       | 0,06       | 0,08       | 0,10        | 0,12        | 0,15        |
| <b>Espessura do lastro de brita compactada (m)</b> | 0,05       | 0,05       | 0,10       | 0,10       | 0,15        | 0,15        | 0,20        |
| <b>Acréscimo (m)</b>                               | 0,13       | 0,15       | 0,22       | 0,26       | 0,35        | 0,39        | 0,50        |

## PROCIDADES

### 6.2.2.1. Processo Mecânico

As escavações devem ser efetuadas por processo mecânico, salvo nos trechos onde for impossível o emprego de máquina, ou seja, nos casos de interferência ou proximidade com outras redes de infraestrutura, ou de redes muito próximas dos postes, ou ainda, por qualquer outro motivo, não houver condições para o emprego de escavação mecânica. Nestes casos, será permitido o emprego de escavação manual.

### 6.2.2.2. Classificação de Material

- Primeira Categoria – compreendem solos em geral, residuais ou sedimentares, seixos rolados, ou não, com diâmetro máximo inferior a 0,15 metros, qualquer que seja o teor de umidade que apresentem.
- Segunda Categoria – compreendem os materiais com resistência ao desmonte mecânico inferior à da rocha não alterada, cuja extração se processe por combinação de métodos que obriguem a utilização do maior equipamento de escarificação exigido contratualmente; a extração eventualmente poderá envolver o uso de explosivos ou processos manuais adequados. Estão incluídos nesta classificação os blocos de rocha de volume inferior a 2,00 m<sup>3</sup> e os matacões, ou pedras de diâmetros médio compreendido entre 0,15 e 1,00 metros.
- Terceira Categoria – compreendem os materiais com resistência ao desmonte mecânico equivalente à da rocha não alterada e blocos de rocha com diâmetros médios superior a 1,00 m, ou de volume igual ou superior a 2,00 m<sup>3</sup>, cuja extração e redução, afim de possibilitar o carregamento, se processem somente com o emprego contínuo de explosivos.

### 6.2.2.3. Talude de Valas

As valas das redes em tubos devem ser escavadas em talude 1:3 e escoradas. A escavação em talude 1:3 consiste no alargamento de 1,00m em cada lado da vala para cada 3,00m de profundidade.

### 6.2.2.4. Largura do Fundo de Vala

As valas deverão ser escavadas nas larguras discriminadas a seguir, em função do diâmetro de rede:

## PROCIDADES

Quadro de Largura de Fundo de Valas para Tubos ou Galerias

| <b>Diâmetro dos Tubos<br/>ou Seção da Galeria<br/>(m)</b> | <b>Largura do Fundo<br/>da Vala (m)</b> |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 0,40                                                      | 1,00                                    |
| 0,50                                                      | 1,20                                    |
| 0,60                                                      | 1,40                                    |
| 0,80                                                      | 1,70                                    |
| 1,00                                                      | 2,00                                    |
| 1,20                                                      | 2,20                                    |
| 1,50                                                      | 2,60                                    |
| 1,65 x 1,65                                               | 3,00                                    |
| 1,80 x 1,80                                               | 3,20                                    |
| 2,00 x 2,00                                               | 3,40                                    |
| 2,20 x 2,20                                               | 3,60                                    |
| 2,40 x 2,40                                               | 3,80                                    |
| 2,60 x 2,60                                               | 4,00                                    |
| 3,00 x 3,00                                               | 4,40                                    |

O material escavado deve ser depositado em ambos os lados da vala, se possível, igualmente distribuídos e afastados dos lados da mesma a uma distância superior à 0,50m. Todo material de granulometria grádua solta deve ser retirado da beira da vala.

Para efeito de medição do volume escavado a ser pago, não serão levados em consideração dimensões maiores adotadas pela Empreiteira, além das impostas por esta especificação, salvo as devidamente autorizadas pela Fiscalização em Diário de Obra. No caso da Empreiteira adotar dimensões menores, a Fiscalização deverá pagar o volume real escavado.

### 6.2.2.5. Escoramento

Todas as valas escavadas para execução de redes, além da escavação em talude 1 : 3, deverão ser escoradas. A Empreiteira é responsável pela elaboração dos projetos de escoramento e da sua aplicação, ou da determinação do talude natural do terreno quando necessário. De comum acordo com o Engenheiro Fiscal, a Empreiteira será responsável pela elaboração dos projetos de escoramento e deverá, em princípio, levar em conta que serão conjuntos de escoramentos para valas com talude 1:3, aplicados separadamente um do outro, de 2,00 em 2,00 m e considerar estronca perdida no fundo da vala. Caberá ao Departamento Técnico a aprovação dos projetos de escoramento e a fiscalização da sua execução. A Fiscalização só deverá pagar o serviço de escoramento de vala, num determinado trecho entre dois poços de visita, se o mesmo for executado conforme o projeto aprovado em toda extensão do trecho em consideração.

À proporção que a vala vai sendo escavada, o serviço de escoramento deverá ir acompanhando a escavação devendo, portanto, ser executado antes do preparo do fundo da vala. Durante a execução do escoramento é proibido qualquer outro operário entrar no interior da vala que não sejam os que estiverem trabalhando na sua execução. Caso a Empreiteira não disponha de material para executar o escoramento, a Fiscalização não deve permitir o início do serviço de escavação da vala, e anotar no Diário de Obra que só permitirá a liberação do serviço de escavação, após a chegada e inspeção do material necessário.

## PROCIDADES

O escoramento de uma vala deverá permanecer em seu local, até que a execução do aterro compactado alcance a metade da seção do tubo.

### 6.2.2.6. Esgotamento e Bombeamento

Os serviços de escavação deverão incluir obras de proteção contra infiltração de águas superficiais procedentes de chuva.

O esgotamento de água através de moto bombas somente será pago quando a obra for executada em terrenos encharcados, devido à infiltração de águas naturais, **quando não for possível iniciar as escavações da rede, do seu lançamento final para montante.**

No caso em questão as sondagens a percussão SP 01 e 02, realizadas em 04/10/2017 e a SP 03, realizada em 05/10/2017 demonstraram o nível do lençol no local de execução das bacias 2 e 3 abaixo da cota do seu fundo. Por sua vez, furos SP 04 E 05, também realizados no dia 04/10/2017 apresentou o nível do freático na cota 2,52 e 2,50, ou seja, acima da cota de fundo da bacia 1.

O processo construtivo aqui proposto prevê que o início do assentamento das redes aconteça do lançamento no Córrego Corujas em direção a bacia de detenção 3, depois a bacia 2, conseguinte o aprofundamento da bacia 1, e por fim as redes coletoras, ou seja, sempre de jusante para montante. Durante o processo de escavação das bacias caso ocorra a presença de água, esta deverá ser encaminhada por meio de valas temporárias preenchidas em brita até o início da rede 27 de Ø 1200 mm que proporcionará a destinação adequada, evitando desta forma a necessidade de bombeamento de água na escavação.

De qualquer forma a projetista optou pela previsão de um quantitativo de horas de bombeamento específico para eventuais afloramentos de água do lençol freático na escavação das bacias de detenção cujo volume necessite de bombeamento. Se isto vier a ocorrer a executora deverá apresentar relatório fotográfico que demonstre a presença deste volume de água à fiscalização que, por sua vez, deverá dar o aceite para o início do serviço de bombeamento.

### 6.2.2.7. Preparo do Leito

Terminada a escavação, proceder-se-á à limpeza do fundo da vala e a regularização do “greide”. Todo o trecho do leito escavado a mais e que levar de aterro, deverá receber uma base de brita graduada compactada cuja espessura por diâmetro de rede, deverá ser conforme tabela abaixo:

## PROCIDADES

Quadro de Espessura da Base do Leito para Tubos ou Seções da Galeria Molhada

| <b>Diâmetro do Tubo ou Seção da Galeria Moldada</b> | <b>Espessura da Base (m)</b> |
|-----------------------------------------------------|------------------------------|
| 400 mm                                              | 0,05                         |
| 500 mm                                              | 0,05                         |
| 600 mm                                              | 0,10                         |
| 800 mm                                              | 0,10                         |
| 1000 mm                                             | 0,15                         |
| 1200 mm                                             | 0,15                         |
| 1500 mm                                             | 0,20                         |
| 1,65 x 1,65 m                                       | 0,20                         |
| 1,80 x 1,80 m                                       | 0,20                         |
| 2,00 x 2,00 m                                       | 0,20                         |
| 2,20 x 2,20 m                                       | 0,20                         |
| 2,40 x 2,40 m                                       | 0,20                         |

Toda a compactação deverá ser executada por meio manual nos locais onde, a critério da Fiscalização, seja impróprio o uso de compactadores mecânicos. O terreno ou a brida deverá ser umedecido na umidade ótima determinada para o tipo de solo existente, e compactado com grau nunca inferior a 100% do Proctor Normal para o caso de redes em tubo.

Nos trechos de terreno muito úmido, deverá ser executada drenagem através de lastro em brita, conforme o quadro acima.

Após a compactação, proceder-se-á ao nivelamento do fundo das valas com aparelho de precisão topográfica, cujo o perfil deverá ser das cotas do projeto diminuída da espessura do tubo e somada ao da bolsa para as redes em tubos.

### 6.2.3. Tubos de Concreto

Todos os tubos de concreto simples, ou armado, serão do tipo macho e fêmea. Deverão ser executados em conformidade com as Normas e Especificações Técnicas vigentes no País (NBR 8890/2007). Os ensaios de resistência a compressão diametral deverão seguir a mesma norma.

Por fim, conforme lei n.º 4150 de 21/11/62, a norma passa a fazer parte destas especificações, devendo durante o assentamento das tubulações, que seja empregado um macaco TIRFOR para acoplá-los de forma adequada. Além disso, os tubos deverão apresentar, na sua parte externa, o nome da Empreiteira, a data de fabricação e a especificação de sua classe.

#### 6.2.3.1. Tubos de Concreto Simples

Na fabricação dos tubos de concreto simples, deverá ser empregado concreto cuja resistência aos 28 dias seja igual a 25,0 MPa ( $F_{ck}$  28 dias = 25,0 MPa).

#### 6.2.3.2. Tubos de Concreto Armado

## PROCIDADES

Todos os tubos de concreto simples ou armado serão do tipo ponta e bolsa. Deverão ser executados de conformidade com as Normas e Especificações Técnicas vigentes no País (NBR 6118/82, NBR 7481/82, etc.) e ter resistência a compressão diametral de acordo com a EB-6 e EB-103, conforme lei n.º 4150 de 21/11/62, que ficam fazendo parte integrante destas especificações. A critério da Fiscalização poderão ser aceitos tubos do tipo macho e fêmea, desde que no seu assentamento seja empregado um macaco TIRFOR para juntá-los bem e, para efeito de pagamento dos tubos, deverá ser pago somente 70% do valor dos tubos ponta e bolsa. Os tubos deverão apresentar na sua parte externa, o nome da Empreiteira, a data de fabricação e a especificação de sua classe.

A designação das telas de aço CA-60 soldadas a serem empregadas na fabricação dos tubos estão relacionadas no quadro a seguir, onde são apresentadas por diâmetro e classe dos tubos. Neste quadro há também a indicação da espessura da parede do tubo para atingir a classe pretendida.

As telas para os tubos da armadura dupla devem ser posicionadas de tal maneira que uma delas ficará à 2,5cm (dois vírgula cinco centímetros) da parte externa do tubo e a outra da mesma distância, mas da parte interna, tendo as pontas das telas justapondo também 35cm (trinta e cinco centímetros). Se houver a necessidade de empregar uma tela dobrada em uma das armaduras dos tubos com armadura dupla, deverá utilizar internamente uma tela enrolada sobre si mesma duas vezes e ter as pontas justapondo também 35cm (trinta e cinco centímetros). Para ter garantia de que a tela ou telas ficarão bem posicionadas e que não sairão da posição aqui determinada, durante a concretagem deverão ser empregadas pastilhas de concreto amarradas nas armaduras.

Durante a fabricação dos tubos pela Empreiteira, a Fiscalização deverá exigir o controle tecnológico do concreto empregado, através de firma especializada, e verificar se estão empregando a tela indicada corretamente.

Aconselha-se o emprego de tubos por classe em função do aterro sobre os mesmos, conforme o quadro a seguir.

## PROCIDADES

Quadro do Emprego das Telas na Fabricação de Tubos Armados com Armadura Circular

| Classe dos Tubos | Diâmetro dos Tubos (mm) | Espessura das Paredes (cm) | Designação da Tela Aço CA-60 |
|------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|
| CA-1             | 600                     | 6                          | PB-159                       |
|                  | 800                     | 8                          | PB-246                       |
|                  | 1000                    | 10                         | PB-283                       |
|                  | 1200                    | 12                         | PB-113                       |
|                  |                         |                            | PB-246                       |
|                  | 1500                    | 15                         | PB-159                       |
|                  |                         |                            | PB-283                       |
| CA-2             | 600                     | 6                          | PB-196                       |
|                  | 800                     | 8                          | PB-283                       |
|                  | 1000                    | 12                         | PB-332                       |
|                  | 1200                    | 13                         | PB-196                       |
|                  |                         |                            | PB-332                       |
|                  | 1500                    | 15                         | PB-283                       |
|                  |                         |                            | 2×PB-246                     |
| CA-3             | 600                     | 8                          | PB-332                       |
|                  | 800                     | 10                         | PB-159                       |
|                  |                         |                            | PB-283                       |
|                  | 1000                    | 12                         | PB-196                       |
|                  |                         |                            | PB-332                       |
|                  | 1200                    | 15                         | PB-246                       |
|                  |                         |                            | PB-246                       |
|                  | 1500                    | 15                         | 2×PB-396                     |
|                  |                         |                            | 2×PB-396                     |

Quadro para o Emprego de Tubos de Concreto

| CONCRETO SIMPLES                                      | CLASSE |
|-------------------------------------------------------|--------|
| Aterro sobre o tubo menor ou igual à 1,75m            | C-1    |
| Aterro sobre o tubo maior que 1,75m e menor que 3,00m | C-2    |

| CONCRETO ARMADO                                              | CLASSE |
|--------------------------------------------------------------|--------|
| Aterro sobre o tubo maior ou igual à 3,00m                   | CA-1   |
| Aterro sobre o tubo maior que 3,00m e menor ou igual à 6,00m | CA-2   |
| Aterro sobre o tubo maior que 6,00m e menor que 9,00m        | CA-3   |

### 6.2.3.3. Assentamento e Rejuntamento dos Tubos

A Empreiteira antes de transportar para a obra os tubos, deve selecioná-los, retirando do lote os tubos que apresentarem defeitos aparentes, pois os mesmos para serem aceitos, devem estar isentos de fraturas, fissuras largas ou profundas, de asperezas na superfície interna e excentricidade. Para serem transportados, os tubos devem estar devidamente curados.

O assentamento de cada lote só poderá iniciar após o exame do lote e da escolha pelo Engenheiro Fiscal dos tubos para teste, mas com a devida autorização por escrito no Diário de Obra. Lotes de tubos assentados sem devida autorização e sem ter sido submetido ao ensaio de compressão diametral, serão de inteira responsabilidade da Empreiteira. Caso os mesmos sejam recusados por apresentarem defeitos aparentes ou por ocasião dos ensaios, as substituições dos lotes serão executadas sem qualquer ônus para a Contratante.

A junta interna entre dois tubos (a ponta e a bolsa) não poderá ser superior à 05 (cinco) milímetros, e os tubos deverão ser rejuntados com argamassa de cimento e areia no traço 1:4. As juntas na parte interna serão rejuntadas cuidadosamente, alisando-se a argamassa de modo a se evitar tanto quanto possível rebarbas e rugosidade que possam alterar o regime de escoamento das águas, sendo que para tubos de diâmetro igual ou superior a 800mm o rejuntamento interno deverá ser em toda sua seção circular. Na parte externa, além de tomadas as juntas, serão as bolsas completadas por um colar de seção triangular isósceles da mesma argamassa. Não poderão ser assentados tubos trincados ou danificados durante a descida na vala, ou que apresentem quaisquer defeitos construtivos que passem despercebidos pela inspeção da Fiscalização.

Após o assentamento dos tubos a Fiscalização deverá conferir o seu alinhamento e verificar se as juntas não estão superior a 5mm (cinco milímetros), para tanto basta medir o comprimento do trecho e contar o n.º de tubos e do comprimento medido, subtrair o comprimento dos tubos. O resultado desta subtração deverá ser dividido pelo número de tubos, cujo novo resultado é o espaçamento médio de cada junta.

Nas redes executadas com tubos de diâmetro igual e maior que 800mm a Fiscalização deverá conferir também o rejuntamento interno dos tubos.

### 6.2.4. Poços de Visita e Caixas de Passagem

As caixas e os poços de visita cujo diâmetro do tubo de saída seja menor ou igual à 800mm, serão executados de acordo com as plantas de detalhe de poço de visita e caixa de passagem para redes < 600mm ou para redes de 800mm, em alvenaria de blocos de concreto, sendo em concreto armado pré-moldado as lajes do fundo e da tampa. Para diâmetros maiores, serão executados em concreto armado de acordo com as plantas de detalhe de poço de visita e caixa de passagem para redes de 1.000, 1.200 e 1.500mm, para aterro menor ou igual à 3,00 metros sobre a laje da tampa.

Os poços de visita e as caixas de passagem apoiar-se-ão sobre uma camada de concreto magro de 0,05m de espessura executado sobre uma base de brita compactada, de 0,20m de espessura. As paredes internas, quando em alvenaria, serão revestidas com argamassa de cimento/areia no traço 1:3. A concretagem das paredes em concreto armado deve ser executada com todo o cuidado necessário, para obter faces isentas de defeitos. Em princípio, é dispensado o revestimento destas paredes, mas caso o concreto apresente falhas ou brocas devido ao adensamento mecânico mal executado, a Fiscalização poderá recusar o serviço ou exigir que os trechos com defeitos sejam devidamente escarificados, novamente concretados com o emprego de forma, e revestidos.

## PROCIDADES

As visitas dos poços serão executadas com aduelas de concreto vibrado de 0,40m de comprimento útil e 600mm de diâmetro interno, rejuntado com argamassa de cimento/areia no traço 1:4. Nas visitas e no corpo de caixa do poço deverão ser colocados estribos de ferro fundido, espaçados de 0,40m um do outro. As visitas dos PVs localizados em área verde ou sob calçada, terão um tampão de ferro fundido do tipo T-105, as dos poços de visita localizados sob as vias, terão tampões de ferro fundido, do tipo T-137.

### 6.2.5. Bocas de Lobo

Serão utilizadas bocas de lobo tipo meio fio vazado. Executadas com rebaixo de 5 centímetros, para melhor direcionar as águas para o interior das canaletas sob o passeio.

### 6.2.6. Aterro

O aterro das valas para as redes com o emprego de tubos será executado em duas etapas. Na primeira etapa o aterro será executado até a metade da altura dos tubos, devendo ser compactado em camadas não superiores a 20cm (vinte centímetros). Se possível deverá sempre ser usado o mesmo material da escavação devidamente umedecido, evitando-se a parte com presença de matéria orgânica. A compactação das camadas nas redes com diâmetro igual ou menor que 600mm e nas camadas iniciais das redes com diâmetro igual ou maior que 800mm deverá ser executada com soquetes manuais de 15kg (quinze quilogramas) de peso e com 100mm (cem milímetros) de diâmetro. As últimas camadas dos aterros, compactados até a metade da altura do diâmetro dos tubos para as redes com diâmetros igual ou maior que 800mm, serão compactadas por meio de compactadores mecânicos.

De um modo geral, a segunda etapa de execução dos aterros das valas serão efetuadas sem compactação, deixando a sobra amontoadada acima do nível natural do terreno, com o fim de compensar futuros abatimentos do aterro, ou espalhada ao redor da vala, de acordo com as instruções da Fiscalização.

Quando da execução de redes ao longo ou em travessias das vias existentes ou projetadas, com programação para implantação imediata, o aterro acima da metade do diâmetro dos tubos deverá ser compactado por meios mecânicos até o nível do terreno, em toda extensão da via, sendo que na travessias, a extensão será de  $(L/2)+h$  a partir do eixo do cruzamento, e para cada lado, onde L é igual ao comprimento do trecho da rede compreendido entre dois pontos de cruzamento com os bordos da pista, e h a profundidade da vala em correspondência ao eixo da pista.

A Empreiteira é totalmente responsável por eventuais abatimentos que ocorrerem no pavimento asfáltico, onde a mesma tenha executado aterro de valas. Ocorrendo o abatimento, a Empreiteira será obrigada a refazer o aterro e recompor o pavimento sem ônus para a Contratante.

### 6.2.7. Canaletas

As canaletas serão em alvenaria de bloco de concreto de 40x80x10cm, meia vez, com pilaretes de concreto armado a cada 2,00m para travamento e concreto armado no fundo. Receberão revestimento em reboco em argamassa de cimento, areia e saibro, traço 1:2:3 na espessura mínima de 1,5cm ou em meia cana em tubos de concreto de 400mm de diâmetro.

### 6.2.8. Desvio de Tráfego e Sinalização

Quando houver necessidade de desviar o tráfego, o desvio deverá ser aberto pela Contratada, com largura de 7,0 m, executando-se o devido encascalhamento, afim de permitir o tráfego permanente de veículos. O desvio do tráfego só será feito depois de devidamente autorizado pelo DETRAN. A sinalização deverá ser feita de acordo com as Normas do DETRAN, por conta da Contratada.

É obrigatória a colocação de sinalização adequada nas obras próximas às vias de tráfego, de acordo com as Normas do Código Nacional de Trânsito (CNT), cabendo à Contratada toda e qualquer responsabilidade relativamente à acidentes que porventura se verifiquem por falta ou insuficiência de sinalização

### **6.2.9. Limpeza do Canteiro**

Após a execução das redes, por ocasião de cada medição e no recebimento da obra, toda a área afetada pela execução da obra deverá ser limpa, removendo-se todos os entulhos. A argamassa a ser utilizada deverá ser executada sobre amassadeira de madeira, ficando proibida a execução da mesma sobre o asfalto. Qualquer resto de massa ou entulho que tiverem ficado sobre as pistas ou calçadas, deverão ser varridos e lavados.

### **6.2.10. Remoção de Material Excedente**

O serviço de carga e transporte, por meio de caminhão, do material excedente proveniente da escavação, até o bota fora, a ser indicado pela Fiscalização, só poderá ser executado excepcionalmente, depois de devidamente autorizado em Diário de Obra pela Fiscalização.

### **6.2.11. Segurança do Trabalho**

Deverá ser observada a Portaria n.º 15, de 18 de agosto de 1972 do Ministério do Trabalho e Previdência Social sobre o assunto, cuja parte do Capítulo III diz respeito a escavação de vala, que passamos a descrever a seguir:

## **CAPÍTULO III ESCAVAÇÕES E FUNDAÇÕES**

### **Art. 44**

*Este Capítulo estabelece medidas de segurança nos trabalhos de escavação realizados nas obras de construção, inclusive trabalhos correlatos, executados, abaixo do nível do solo, entre outros: escoramentos de fundações, muros de arrimo, vias de acesso e redes de abastecimento.*

### **Art. 45**

*Antes de iniciar a escavação, deverão ser removidos blocos de pedras, árvores e outros elementos próximos a bordos da superfície a ser escavada.*

### **Art. 46**

*Deverão ser escorados muros e edifícios vizinhos, redes de abastecimento, tubulações, vias de acesso, vias públicas e, de modo geral, todas as estruturas que possam ser afetadas pela escavação.*

*§ 1º - O escoramento deverá ser inspecionado com freqüência, principalmente após chuvas ou outras ocorrências que aumentem o risco de desabamento.*

## PROCIDADES

*§ 2º - Quando for necessário rebaixar o lençol d'água do subsolo, serão tomadas providências para evitar danos aos prédios vizinhos.*

### **Art. 47**

*Os taludes das escavações de profundidade superior à 1,25m (um metro e vinte e cinco centímetros), deverão ser escorados com pranchas metálicas ou de madeira, assegurando estabilidade, de acordo com a natureza do solo.*

*§ 1º - Será dispensado a exigência de que trata este artigo, quando o ângulo de inclinação do talude for inferior ao ângulo do talude natural.*

*§ 2º - Nas escavações profundas, com mais de 2,00m (dois metros) serão colocadas escadas seguras, próximas aos locais de trabalho, afim de permitir em caso de emergência, a saída rápida do pessoal.*

### **Art. 48**

*Os materiais retirados da escavação deverão ser depositados a distância superior à 0,50m (cinquenta centímetros) da borda da superfície escavada.*

### **Art. 49**

*O escoramento dos taludes de escavação deverá ser reforçado nos locais em que houver máquinas e equipamentos operando junto às bordas de superfície escavada.*

### **Art. 50**

*Nas proximidades de escavação realizadas em vias públicas e canteiros de obra, deverão ser colocados cerca de proteção e sistema adequado de sinalização.*

*§ 1º - Os pontos de acesso de veículos e equipamentos à área de escavação, deverão ter sinalização de advertência permanente.*

*§ 2º - As escavações nas vias públicas devem ser permanentemente sinalizadas.*

### **Art. 51**

*O tráfego próximo às escavações deverá ser desviado.*

*Parágrafo Único - Quando for impossível o desvio do tráfego, deverá ser reduzida à velocidade dos veículos.*

## **6.2.12. Diário de Obra**

É de competência da Empreiteira o registro no Diário de Obra de todas as ocorrências diárias, bem como especificar detalhadamente os serviços em execução, devendo a Fiscalização neste mesmo diário, concordar ou retificar o registro da Empresa. Caso o Diário de Obra não seja preenchido no prazo de 48 horas, a Fiscalização poderá fazer o registro que achar conveniente e destacar imediatamente as folhas, ficando a Empreiteira, no caso de dias passíveis de prorrogação ou em qualquer caso, sem direito a nenhuma reivindicação.

## **6.2.13. Interferência com Redes de Outras Concessionárias**

Antes de iniciar qualquer frente de serviço, a Empreiteira deverá ter solicitado das concessionárias do serviço público o cadastro de suas redes. Todos os pedidos de cadastro deverão ser registrados no Diário de Obra.

É responsabilidade da Empreiteira qualquer dano causado às redes públicas existentes nas proximidades ou que cruzem com as redes que ela estiver executando.

## **6.2.14. Reconstituição de Calçadas, Meios-Fios, Áreas Gramadas e de Particulares**

Sempre que forem executadas redes em áreas urbanizadas causando a destruição de calçadas, meios-fios, áreas gramadas e de particulares, a Empreiteira ficará obrigada a recuperar estes serviços.

### **6.3. DE ORDEM AMBIENTAL**

Estas recomendações ambientais pretendem minimizar os impactos decorrentes durante a implantação do canteiro de obras, execução e conclusão desta obra. Entre elas cita-se:

- O vazamento de graxas e óleos do maquinário utilizado deve ser observado, monitorado e ajustado, evitando-se contaminação do solo e/ou água dos corpos receptores locais;
- Lavagens de caminhões betoneira estão proibidas nas adjacências da obra;
- Indivíduos arbóreo-arbustivos, que estejam fora do local previsto da obra, não deverão ser suprimidos, nem tão pouco a cobertura graminosa existente na área destinada ao canteiro de obras. Contatar a fiscalização caso alguma dessas ações sejam necessárias;
- Quanto à coleta e disposição final de resíduos sólidos e líquidos: todo o lixo produzido no canteiro e próximo à obra deverá ser completamente recolhido, sem queimá-lo, de forma a não produzir odores ou proliferação de insetos e roedores. Não é permitida a disposição de lixo nas áreas de campo. Recomenda-se a separação de lixo orgânico e inorgânico;
- Fogo de qualquer espécie deve ser evitado;
- Banheiros químicos devem ser instalados no canteiro de obras;
- Recomenda-se que toda a vegetação morta e entulhada deva ser removida;
- A camada orgânica deve ser acumulada para posterior utilização na revegetação do local;
- Havendo compensação ambiental é a partir do levantamento quantitativo e qualitativo é que a mesma será estimada.

### **6.4. INTERFERÊNCIA COM REDES DE OUTRAS CONCESSIONÁRIAS**

Antes de iniciar qualquer frente de serviço, a Empreiteira deverá ter solicitado das concessionárias do serviço público o cadastro de suas redes. Todos os pedidos de cadastro deverão ser registrados no Diário de Obra.

É responsabilidade da Empreiteira qualquer dano causado às redes públicas existentes nas proximidades ou que cruzem com as redes que ela estiver executando.

### **6.5. RECONSTITUIÇÃO DE CALÇADAS, MEIOS-FIOS, ÁREAS GRAMADAS E DE PARTICULARES.**

Sempre que forem executadas redes em áreas urbanizadas causando a destruição de calçadas, meios-fios, áreas gramadas e de particulares, a Empreiteira ficará obrigada a recuperar estes serviços.

## **6.6. DE ORDEM CONSTRUTIVA (MATERIAIS E SERVIÇOS PARA BACIAS DE DETENÇÃO)**

### **5.6.1. Execução de Maciços de Terra**

A seguir, são estabelecidas as recomendações a serem observadas na execução de maciços de terra.

Os serviços descritos deverão ser executados com a melhor técnica, obedecendo sempre às Especificações aqui contidas, às Normas, Especificações e métodos de Ensaio da ABNT, independentemente de citação expressa, ou outras normas indicadas, de acordo com os preceitos fornecidos ou exigidos pela FISCALIZAÇÃO.

Além das recomendações observadas a seguir, devem ser respeitadas também as recomendações do item 5.2.6 Aterros.

### **5.6.2. Preparo do Terreno de Fundação dos Maciços**

Antes de se iniciar a construção dos maciços, a superfície do terreno natural que servirá de base para os mesmos, deverá sofrer uma série de cuidados no sentido de se garantir uma perfeita ligação entre os maciços e respectivas fundações.

De uma maneira geral, as fundações dos maciços deverão ser convenientemente preparadas pela CONTRATADA através dos processos de:

- limpeza;
- raspagem;
- escavação;
- escarificação;
- umedecimento, se necessário.

### **5.6.3. Limpeza**

Nos trechos de implantação dos maciços, onde existe vegetação, serão executadas as operações de limpeza com vistas à remoção de vegetação, arbustos, galhos, troncos, raízes e todas matérias que, por sua natureza, impeçam ou prejudiquem, a critério da FISCALIZAÇÃO, o desempenho normal das tarefas de construção.

As operações de limpeza acima poderão ser executadas manual ou mecanicamente.

Entretanto, estas operações deverão se efetuar, invariavelmente, antes dos trabalhos de construção, com a necessária antecedência para não retardar o desenvolvimento normal destes.

Todos os materiais provenientes da limpeza da área deverão ser conduzidos a bota-fora ou a locais escolhidos pela FISCALIZAÇÃO, de maneira a não interferir nos trabalhos de construção a serem executados posteriormente.

Caso haja interesse na queima desses materiais deverão ser tomadas às precauções necessárias para se evitar a propagação do fogo.

#### **5.6.3.1. Raspagem**

## PROCIDADES

Os trabalhos de raspagem consistirão de remoção da camada superficial do terreno, numa espessura suficiente para eliminar terra vegetal, matéria orgânica e demais materiais indesejáveis, a critério da FISCALIZAÇÃO.

A raspagem será considerada até um limite máximo de 50 cm abaixo da superfície do terreno.

### 5.6.3.2. Escarificação

As superfícies ressecadas que receberão o aterro deverão ser inicialmente escarificadas.

O solo solto deverá ser homogeneizado e ter a sua umidade corrigida.

### 5.6.4. Equipamentos

A escavação dos cortes será realizada mediante a utilização racional de equipamento adequado que possibilite a execução dos serviços sob condições e produtividade específicas.

No corte em solo serão empregados tratores equipados com lâmina, caminhões, pás carregadeiras e retroescavadeiras. A operação incluirá a utilização de tratores e motoniveladoras para a escarificação e manutenção de áreas de trabalho, além de tratores para atuarem em bota-foras.

### 5.6.5. Execução

A escavação de cortes subordinar-se-á aos elementos técnicos fornecidos à CONTRATADA, em conformidade com o projeto.

A escavação será precedida de execução de serviços preliminares, quando se tratar de cortes com aproveitamento de material para aterro. Em caso contrário, a camada vegetal e vegetação de pequeno porte serão removidas junto com o material escavado.

O desenvolvimento da escavação processar-se-á mediante a previsão da utilização adequada, ou rejeição, dos materiais extraídos. Assim, apenas serão transportados, para constituição dos aterros, os materiais que, pela classificação e caracterização efetuadas no corte, sejam compatíveis com as especificações de execução dos aterros, em conformidade com o projeto.

Caberá à FISCALIZAÇÃO fazer o Controle Tecnológico do material escavado para, mediante os resultados obtidos, orientar a CONTRATADA sobre a destinação do mesmo.

Atendido o projeto em perfil longitudinal e seção transversal e, desde que técnica e economicamente viável, as massas em excesso que resultariam em bota-fora, poderão ser integradas aos aterros, constituindo alargamento de plataformas ou abrandamento de taludes, quando possível. A referida operação deverá ser executada desde a etapa inicial da construção do aterro, a critério da FISCALIZAÇÃO.

As massas excedentes que não se destinarem ao fim indicado no parágrafo anterior serão objeto de remoção, de modo a não constituírem ameaça à estabilidade de platôs e nem prejudicarem o aspecto paisagístico da região.

Os taludes dos cortes deverão apresentar, após terraplenagem, a inclinação indicada em projeto.

Os taludes deverão apresentar superfície regular, desempenada, obtida pela utilização de equipamento de escarificação.

Nos pontos de passagem de corte para aterro deverá proceder-se à escavação escalonada, até a profundidade necessária, objetivando a perfeita solidarização entre ambas, evitando-se a ocorrência de eventuais comportamentos diferenciados.

As valetas de proteção de cortes serão obrigatoriamente executadas e revestidas, independentemente das demais obras de proteção projetadas.

### **5.6.6. Controle e Ensaio**

#### **5.6.6.1. Controle de Compactação**

O controle de compactação será feito pela Fiscalização através de acompanhamento permanente e inspeção visual das diversas operações de escavação, lançamento, umedecimento, homogeneização e compactação, bem como da execução de ensaios de controle de laboratório.

Posteriormente à compactação serão executados os ensaios de controle. No caso destes ensaios fornecerem valores inaceitáveis de compactação e teores de umidade, a camada deverá ser escarificada, gradeada, ter a umidade corrigida e ser novamente compactada.

Os limites e tolerâncias especificados aplicam-se à camada em toda a sua espessura e, em se verificando que as operações executadas não são suficientes em profundidade, será exigida a recompactação ou correção do teor de umidade.

Estando correto o teor de umidade do material, caso não seja atingido o grau de compactação, será feita a recompactação da camada. Para a recompactação será aplicado um mínimo de 3 passadas adicionais quando usado rolo pé-de-carneiro ou 2 passadas quando utilizado o rolo pneumático.

Deverá ser evitado excesso de compactação que possa formar laminação das camadas.

Quando da definição da espessura da camada e do número de passadas do equipamento compactador, deverá se certificar de que não haja excesso de compactação com formação de laminação.

#### **5.6.6.2. Controle Tecnológico**

Caberá à Fiscalização realizar o controle tecnológico, que constará da execução de ensaios de verificação, conforme se descreve a seguir:

- a. Um ensaio de compactação Proctor Normal para cada 1.000 m<sup>3</sup> de um mesmo material do corpo do aterro;
- b. Um ensaio para determinação do peso específico aparente seco “in situ”, para cada 1.000 m<sup>3</sup> de material compactado, correspondente ao ensaio de compactação referido acima, com um mínimo de duas determinações, por camada, por dia;
- c. Um ensaio de granulometria, um de limite de liquidez e um de limite de plasticidade, para todo grupo de dez amostras submetidas ao ensaio de compactação acima.

### 5.6.6.3. Observações Finais

Durante a execução dos serviços, a Executante deverá tomar todas as providências no sentido de evitar acidentes, respeitando rigorosamente as normas de engenharia de segurança e as determinações da FISCALIZAÇÃO.

Os controles e ensaios de compactação serão feitos baseando-se nos critérios estabelecidos pelo método NBR-7122, e conforme determinação da FISCALIZAÇÃO.

Métodos expeditos poderão ser usados para o controle de umidade no campo, permitindo o avanço da obra.

A aceitação desses métodos ficará na dependência da confirmação por laboratório, sendo o serviço recusado nos casos em que se verifiquem discrepâncias maiores do que 2%.

Entre os métodos expeditos a serem utilizados, indicam-se: frigideiras, álcool e “speedy”.

### 5.6.7. Carga, Transporte e Descarga

A escolha do equipamento para carregamento, transporte e descarga dos materiais escavados, em bota-fora ou em outra área indicada pela FISCALIZAÇÃO, ficará a critério da CONTRATADA e terá sido definido no plano de escavação.

Durante a execução dos serviços poderá a FISCALIZAÇÃO exigir a remoção e/ou substituição de qualquer equipamento que não corresponda aos valores de produção indicado no plano de escavação, ou seja, por qualquer motivo insatisfatório.

Na medida do possível será sempre programado o uso do material resultante das escavações, imediatamente após sua remoção. Caso não seja isto possível, deverá a CONTRATADA preparar um local para estocá-los, conforme indicações da FISCALIZAÇÃO.

As pilhas de estoque deverão ser localizadas de maneira que necessitem um mínimo de transporte para os lugares onde os materiais serão aproveitados, sem interferir, porém, com o andamento da obra. O equipamento de transporte, os caminhos e distâncias de transporte e forma de carregamento devem ser estudados pela CONTRATADA e aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

A acumulação nos estoques será feita por métodos que evitem a segregação de materiais ou sua contaminação, a critério da FISCALIZAÇÃO.

Somente quando aprovado pela FISCALIZAÇÃO materiais escavadas em áreas diferentes, que tenham características idênticas, a seu critério, poderão ser estocados na mesma pilha.

Na conclusão dos trabalhos, se ainda sobrar material nos estoques, a critério da FISCALIZAÇÃO, estes depósitos serão tratados como bota-fora, ou então serão as sobras levadas pela CONTRATADA para os bota-foras já existentes.

Os materiais resultantes das escavações, inadequados para uso nas obras, a critério da FISCALIZAÇÃO, serão depositados em bota-fora.

## PROCIDADES

A CONTRATADA deverá apresentar, com a devida antecedência para aprovação da FISCALIZAÇÃO, um plano delimitando as áreas, definindo os caminhos e distâncias de transporte, fixando taludes e volumes a serem depositados. Essas áreas serão escolhidas de maneira a não interferir com a construção e operação da obra e nem prejudicar sua aparência estética, se adaptando a forma e altura dos depósitos, tanto quanto possível ao terreno adjacente.

A CONTRATADA tomará todas as precauções necessárias para que o material em bota-fora não venha a causar danos as áreas e/ou obras circunvizinhas, por deslizamentos, erosão, etc. Para tanto, devera a CONTRATADA manter as áreas convenientemente drenadas, a qualquer tempo, a critério da FISCALIZAÇÃO.

Na conclusão dos trabalhos as superfícies deverão apresentar bom aspecto, estar limpas, convenientemente drenadas e em boa ordem.

Por instrução da FISCALIZAÇÃO, os materiais em bota-fora poderão ser usados a qualquer momento.

A CONTRATADA poderá, outrossim, usar o material das escavações depositado em bota-fora, para seus próprios serviços no interior da obra, com previa autorização da FISCALIZAÇÃO.

### **6.7. DE ORDEM CONSTRUTIVA (MATERIAIS E SERVIÇOS PARA ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES)**

#### **5.7.1. Fundações e Sondagens**

##### **5.7.1.1. Fundações**

As fundações deverão ser executadas conforme indicações da FISCALIZAÇÃO, respeitando o estabelecido pela norma ABNT-PNB-51. A FISCALIZAÇÃO procederá ao exame das condições de suporte do terreno, na cota prevista pelo Projeto, e cuidará da obtenção das condições de infraestrutura necessárias para o apoio das tubulações e das estruturas.

Normalmente, são previstas fundações diretas para as estruturas e tubulações. Cuidar-se-á para que as superfícies do terreno de apoio estejam adequadamente regularizadas e apiloadas, sem quaisquer materiais soltos.

O assentamento da tubulação deverá ser feito sempre sobre uma camada de 10 cm de lastro de brita.

Quando o solo natural, após escavação, não apresentar condições adequadas de suporte, nas cotas previstas no Projeto, a FISCALIZAÇÃO poderá autorizar uma superescavação, além da cota prevista, devendo o material ser totalmente removido e substituído por outro que preencha as condições de resistência necessárias.

A profundidade desta super escavação será estabelecida em Projeto específico, ou determinada pela FISCALIZAÇÃO.

#### Sondagens Suplementares

## PROCIDADES

Na eventualidade de ser encontrado aterro de fundação impróprio e que, a juízo da FISCALIZAÇÃO, possa dar lugar a futuras lesões, serão executadas, pela CONTRATANTE, sondagens suplementares e ensaios que permitam estudar e projetar a solução tecnicamente mais conveniente para a construção da obra do trecho em questão.

Neste caso, para que o prazo contratual seja respeitado, poderá a FISCALIZAÇÃO, mantendo em suspenso os trabalhos no trecho em análise, determinar o imediato prosseguimento da obra em outro trecho.

Este recurso poderá ainda ser adotado pela FISCALIZAÇÃO, na hipótese de ocorrer cruzamentos da vala escavada com dutos ou obstáculos, cuja remoção se revele ou venha a se revelar de solução ou execução prolongada.

### 5.7.1.2. Lastro de Concreto Magro

A CONTRATADA executará lastro de concreto magro nos locais indicados no projeto, obedecendo rigorosamente estas Especificações e as orientações da FISCALIZAÇÃO.

O cimento “Portland” a empregar deverá atender a EB-1 da ABNT, sendo fornecido em embalagem original do fabricante e ficando armazenado em ambientes fechados ao abrigo das intempéries.

Os agregados para concreto deverão atender a EB-4 da ABNT, ficando depositados em locais separados e de modo a facilitar suas identificações quando das verificações de umidades destinadas ao controle do fator água-cimento da mistura.

Não será permitido o emprego de agregado miúdo sem prévio peneiramento que elimine todo o material sólido danoso ao concreto.

O agregado graúdo deverá ser lançado caso esteja misturado com materiais estranhos ou quando houver pó de pedra aderente.

O cimento será medido em peso, diretamente de sua embalagem, e os agregados em volume, por meio de padiolas, controlando-se frequentemente a umidade.

O preparo do concreto deverá ser feito mecanicamente, observando-se o tempo mínimo para mistura de 1 minuto, contado após o lançamento de todos os componentes na caçamba.

Somente será permitido o uso de aditivos quando especificado em projeto ou com autorização da FISCALIZAÇÃO.

A descarga da betoneira deverá se dar diretamente sobre o meio de transporte, sendo este cuidadosamente estudado para evitar a segregação ou perda do material. Não será permitida a utilização de esteira rolante ou de outros equipamentos que introduzam ar na massa de concreto.

O lançamento deverá ser efetuado dentro dos 30 minutos que se seguirem à confecção da mistura, com altura máxima de 2,00 m, não se admitindo o uso de concreto remisturado.

Serão empregados vibradores de superfície, ou como determinado pela FISCALIZAÇÃO.

## PROCIDADES

A resistência do concreto utilizado para lastros não poderá ser inferior a 90 kgf/cm<sup>2</sup> Enchimento de Concreto Simples.

Deverão ser obedecidas as Especificações referentes à execução de estruturas de concreto, constantes deste trabalho, nos itens que a FISCALIZAÇÃO julgar pertinentes, bem como todas as orientações desta.

A CONTRATADA deverá efetuar enchimento de concreto simples nos locais indicados em projeto e onde indicado pela FISCALIZAÇÃO.

O concreto de enchimento deverá obedecer aos mesmos preceitos estabelecidos no Item 5.7.2 - Execução de Estruturas de Concreto – destas Especificações.

### 5.7.1.3. Aço Estrutural

#### CA - 50/60 - Fornecimento e Colocação

A execução das armaduras de aço deverá obedecer rigorosamente ao projeto no que se refere à bitola, posicionamento, tensão de escoamento, dobramento, recobrimento, etc.

Deverão ser obedecidas a EB-3 e a NB-1 da ABNT, na sua forma mais recente.

As partidas serão recebidas na presença da FISCALIZAÇÃO que aprovará o local de descarga e providenciara a separação por lote.

Em uma inspeção preliminar, deverá ser verificado se a partida está de acordo com o pedido e se apresenta homogeneidade geométrica, assim como isenção de defeitos prejudiciais, tais como: bolhas, fissuras, espoliações, corrosão, graxa e lama aderentes.

O aço será depositado sobre travessas de madeira, de modo a evitar o contato com o solo, que deverá ser firme, com leve declividade e será recoberto com camada de brita.

Durante a obra deverão ser obtidos certificados por laboratórios idôneos, de testes que mostrem que o aço obedece às especificações recomendadas, para aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Qualquer mudança de tipo ou bitola nas barras de aço será concedida após a aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Não serão permitidas emendas de barras não previstas no projeto.

Antes de serem introduzidas nas formas, as barras de aço deverão apresentar perfeitas condições de limpeza.

A armadura deverá ser montada e mantida dentro das formas, conforme os detalhes do cálculo estrutural, com respeito às distâncias entre as barras e entre estas e as formas, utilizando-se tarugos de aço ou, preferencialmente tacos de concreto.

Para amarração das barras de aço, será empregado arame recozido nº 18. Nas lajes deve ser feita amarração das barras, de modo que em cada uma delas o afastamento entre duas amarrações não exceda de 35 cm.

### 5.7.1.4. Formas de Compensado Plastificado

As formas deverão ter as amarrações e os escoramentos necessários para não sofrerem deslocamentos ou deformações quando do lançamento do concreto, fazendo com que, por ocasião da desforma, a estrutura reproduza o determinado em projeto.

As formas deverão ser estanques, lisas, solidamente estruturadas e apoiadas, devendo sua liberação para concretagem ser precedida de aprovação da FISCALIZAÇÃO.

Na execução de paredes de concreto armado, a ligação entre as formas externas e internas será efetuada por meio de elementos rígidos.

As formas serão executadas em compensado plastificado de 12 mm de espessura, obedecendo à divisão das placas dos desenhos de execução ou das indicações da FISCALIZAÇÃO, fazendo coincidir as juntas, perfeitamente em nível ou alinhadas.

O compensado deve ser reforçado em 2/3 de sua superfície com tábuas de pinho de 2,5 cm desdobradas em larguras menores (2,5 x 10 ou 2,5 x 15 cm) para melhor aproveitamento.

As escoras ou pontaletes terão seção em que se possa inscrever uma circunferência de diâmetro igual a 3", no mínimo, e só poderão ter uma emenda, não situada no terço médio. A emenda será de topo, com cobre-juntas de madeira ajustando o eixo do pontalete ou escora.

Os escoramentos com mais de 3,00 m de altura serão contraventados.

Em juntas maiores ou peças de cantos complexos poderá ser melhorada a vedação com massa para vedação de juntas plásticas.

As amarrações que ultrapassam as formas devem ser feitas com espaçamento regular, niveladas e aprumadas. Deverá ser usada ferro comum de 1/4", através de tubo plástico de 5/8".

Para paredes maiores deve-se dar preferência a substituição dessas amarrações por parafusos ultra passantes. Além dos parafusos, recomenda-se o uso de afastadores de plástico.

As gravatas de colunas para evitar furos de amarração, podem ser executadas em vigas de peroba parafusadas nos cantos, formando painéis reaproveitáveis.

No caso de concreto aparente, antes da colocação da ferragem, o compensado deve ser devidamente pintado com "Desmol", "Formacom" ou "Concreto Permoil", misturado com água na proporção indicada. Após a aplicação, passar uma estopa para evitar a formação de gotas (manchas).

Antes do lançamento do concreto, as formas devem ser limpas e molhadas, usando água com um pouco de cimento para retirar a eventual ferrugem que se formou e para ajudar a vedação das juntas.

A retirada das formas será efetuada de modo a não danificar as superfícies de concreto, sendo seu prazo mínimo:

- faces laterais: 3 dias (pilares e vigas)

## PROCIDADES

- faces inferiores, deixando-se pontaletes bem cunhados e convenientemente espaçados: 14 dias.
  - faces inferiores sem pontaletes: 21 dias.
- A redução destes prazos somente poderá ser efetuada quando do emprego de aditivos que acelerem o endurecimento ou quando da utilização de processos especiais de cura.

As eventuais falhas na superfície do concreto serão reparadas com argamassa de cimento e areia, procurando-se manter a mesma coloração e textura; será permitida, para isso, a adição de cimento branco a argamassa.

O desmoldamento será efetuado sem choque, e de acordo com o programa elaborado para a execução da estrutura.

E permitido o reaproveitamento do material das formas, desde que seja cuidadosamente limpo e não apresente saliências ou deformação. A FISCALIZAÇÃO poderá a qualquer tempo rejeitar o material que não esteja em estado satisfatório.

O projeto das formas será responsabilidade da CONTRATADA, devendo ser obedecidas todas as prescrições da NB-1/78.

### **5.7.2. Execução de Estruturas de Concreto**

#### **5.7.2.1. Introdução**

Este capítulo refere-se à execução das estruturas de concreto, bem como fornecimento dos materiais necessários, de acordo com os desenhos do projeto executivo, com estas especificações e com as normas da ABNT.

A escolha das características do concreto propriamente dito, no que concerne a tipos de composição, preparação, lançamento e acabamento, fazem parte da empreitada, submetidas à orientação da FISCALIZAÇÃO.

O empreiteiro poderá propor as modificações que julgar úteis as disposições que serão previstas pelo contratante, a fim de obter um concreto cujas resistências mecânicas correspondam às previstas no cálculo das obras. Estas modificações ficarão sempre sujeitas à aprovação da FISCALIZAÇÃO.

#### **5.7.2.2. Composição e Características do Concreto**

O concreto será composto de cimento Portland, água, agregados inertes e os aditivos que se fizerem eventualmente necessários, sendo que só serão feitas inclusões de aditivos com autorização da FISCALIZAÇÃO. A composição da mistura será determinada por qualquer método de dosagem racional, estando a cargo da CONTRATADA, com a aprovação da FISCALIZAÇÃO, uma pesquisa de agregados, granulometria e fator água-cimento, no sentido de se conseguir:

- Uma mistura plástica e trabalhável, segundo as necessidades de utilização;
- Um concreto que, após uma cura adequada e um apropriado período de endurecimento, apresente durabilidade, impermeabilidade e resistência compatíveis com os valores fixados pelo projeto e com as recomendações destas especificações.

O concreto deverá garantir a estanqueidade e a impermeabilidade das estruturas sem a necessidade de emprego de impermeabilizações complementares (cimento cristalizante, mantas, películas asfálticas entre outras). As juntas deverão também ser estanques sem a necessidade dessas impermeabilizações complementares.

### 5.7.2.3. Controle Tecnológico

#### A) Generalidades

Os ensaios de controle do concreto e seus componentes serão feitos de acordo com as normas brasileiras, tendo-se em vista o que se segue:

- Determinação das propriedades do material inerte, objetivando viabilidade do seu emprego na confecção do concreto;
- Controle da qualidade e das proporções dos materiais componentes, durante o curso das obras;
- Determinação das proporções corretas e econômicas dos materiais constituintes, a fim de assegurar a resistência, trabalhabilidade e outras propriedades exigidas pelas presentes especificações;
- Controle da qualidade da mistura, através da confecção de corpos de prova;
- Determinação das variações das proporções dos componentes que eventualmente se tornem necessárias ou aconselháveis no decorrer dos trabalhos.

#### B) Ensaios no Concreto Fresco

A CONTRATADA confeccionará uma série de corpos de prova de acordo com a NB-1, devendo realizar controle sistemático para concreto armado, respeitando as condições do item 15.1.1 da NB-1/78.

Tais corpos de prova serão confeccionados de acordo com o MB-2 da ABNT, adotando-se ainda, o que a seguir se especifica:

- Os corpos de prova serão rompidos após 28 dias, podendo-se adotar provas a 3 e 7 dias, por designação da FISCALIZAÇÃO, sendo que para tal fim serão moldadas mais duas séries de cilindros.
- Se o valor estimado da resistência à compressão segundo o item 15.1.1.3 da NB-1/78 for inferior ao menor valor admissível para a resistência aos 28 dias estabelecida, a FISCALIZAÇÃO deverá exigir uma variação nas proporções dos componentes, objetivando alcançar a resistência mínima estabelecida ou, se necessário for, o emprego de aditivos. Cabe ainda a FISCALIZAÇÃO ordenar a demolição do trecho da estrutura onde se constatar tal fato.
- A trabalhabilidade do concreto será verificada através de ensaios de consistência, segundo o item 8.4.2 NB-1/78.

#### C) Argamassa de Cimento

Sempre que houver dúvida sobre a qualidade do cimento, seja por efeito de longo e inadequado armazenamento, seja por deficiência qualitativa do material, a FISCALIZAÇÃO poderá exigir a realização de ensaios de compressão monoaxial de modo a verificar se as tensões de ruptura estão de acordo com os valores admissíveis.

A determinação da resistência à tração simples poderá ser realizada no próprio canteiro, sendo utilizado aparelho tipo Michaeles que rompa os corpos de prova por tração na flexão.

### D) Concreto Executado

Caso haja dúvida sobre a qualidade do concreto de estrutura já pronta, poderá ser exigida pela FISCALIZAÇÃO a realização de ensaios na própria peça executada ou sobre amostras aí colhidas. Estes ensaios serão executados segundo as Normas ASTM -C-42.

#### 5.7.2.4. Materiais

##### A) Cimento Portland

O cimento Portland obedecerá às características constantes na EB-1 da ABNT, e será empregado em todas as obras de concreto. Para cada uma das estruturas deverá ser utilizado um único tipo de cimento. Caso os agregados sejam quimicamente ativos, a percentagem de alcalinos no cimento não deverá ultrapassar 0,6%.

Serão executados ensaios de qualidade do cimento, de acordo com os métodos MB-1 e MB-11 da ABNT, em laboratório indicado pela FISCALIZAÇÃO.

A FISCALIZAÇÃO rejeitará as partidas de cimento, em sacos ou a granel, cujas amostras revelarem, nos ensaios, características inferiores àquelas estabelecidas pela EB-1, sem que caiba à CONTRATADA o direito a qualquer indenização, mesmo que o lote já se encontre no canteiro da obra.

Caso seja utilizado cimento ensacado, os sacos de cimento deverão ser empregados na ordem cronológica em que forem colocados na obra. Cada lote de cimento ensacado deverá ser armazenado de modo a ser facilmente determinável sua data de chegada ao canteiro, sendo encargo da CONTRATADA todo o cuidado no sentido de protegê-lo da deterioração, devendo armazená-lo em pilhas de, no máximo 10 sacos, durante um período nunca superior a 90 dias.

Se for utilizado cimento a granel, os silos de armazenamento deverão ser esvaziados e limpos pelo contratante, quando exigido pela FISCALIZAÇÃO, todavia, o intervalo entre duas limpezas sucessivas dos silos nunca será inferior a 120 dias.

##### B) Água

A água destinada ao amassamento do concreto deverá ser límpida e isenta de teores prejudiciais de sais, óleos, ácidos, álcalis e substâncias orgânicas obedecendo ao item 8.1.3 da NB-1/78.

A CONTRATADA procederá a uma pesquisa sistemática de mananciais de água utilizáveis para o preparo do concreto no canteiro, de modo a estar segura de que, em qualquer tempo, eles terão características não nocivas à qualidade do concreto.

A água a ser utilizada na confecção de argamassa ou concreto deverá ser analisada mensalmente, pelo emprego de ensaios comparativos de pega a resistência à compressão de argamassa, feitos em igualdade de condições com água reconhecidamente satisfatória e com água normalmente utilizada, e servirão de base a FISCALIZAÇÃO para aceitá-la ou recusá-la.

Caso contrário, serão feitas análises químicas das águas.

## PROCIDADES

### C) Agregados

Os agregados deverão satisfazer as Especificações Brasileiras EB-4, sendo verificados pelos ensaios segundo os métodos MB-6, MB-7, MB-8 e MB-10, contidos na norma "Materiais para Concreto Armado - Especificações e Métodos de Ensaio" da ABNT.

A escolha dos agregados e a respectiva granulometria estão sujeitas às modificações que a FISCALIZAÇÃO achar útil, baseadas nos ensaios e nas condições locais.

Os montes e silos de agregados deverão ser previstos com um sistema de drenagem eficiente, impedindo-se a introdução de materiais estranhos e modificação da granulometria.

Os depósitos deverão ser dimensionados de tal modo que permitam o programa de concretagem estabelecido, a preparação das várias partidas que chegarem e a execução das inspeções e dos ensaios necessários.

A areia a ser utilizada na confecção do concreto terá sua qualidade determinada pela norma MB-95 da ABNT.

O agregado graúdo para concreto das peças volumosas será regado repetidamente pelo menos 24 horas antes de sua utilização, de modo a manter úmidas as superfícies das pedras.

De cada lote de 50 m<sup>3</sup> de agregado entregue no local da concretagem, será retirada uma amostra representativa, a ser enviada ao laboratório para análise. Se for constatada a inferioridade qualitativa do material, em relação às especificações estabelecidas pela FISCALIZAÇÃO, esta poderá recusar o material, mesmo que este já tenha sido entregue, correndo por conta da CONTRATADA os ônus que daí advirem.

### D) Aços

As barras de aço deverão, para as suas classes e/ou categorias, atender às exigências da EB-3 da ABNT.

O aquecimento e solda de barras somente serão executados com autorização da FISCALIZAÇÃO.

As emendas de barras deverão ser locadas conforme as indicações do Projeto.

As partidas serão recebidas na presença da FISCALIZAÇÃO, que aprovará o local de descarga, e providenciará a separação por lotes, de acordo com os critérios estabelecidos nas especificações.

Os lotes serão demarcados e sinalizados.

Numa inspeção preliminar deverá ser verificado se a partida está de acordo com o pedido, e se apresenta homogeneidade, geométrica, assim como isenção de defeitos prejudiciais, tais como: bolhas, fissuras, espoliações, corrosão, graxa e lama aderentes.

Os aços serão depositados sobre travessas de madeira, de modo a evitar o contato com o solo. O solo subjacente deverá ser firme, com leve declividade e será recoberto com uma camada de brita.

Deverão ser colhidas amostras conforme o prescrito nas especificações, e submetidas aos ensaios a serem indicados pela FISCALIZAÇÃO.

## PROCIDADES

As amostras ensaiadas deverão atender as respectivas especificações.

Poderão ser rejeitadas as partidas que apresentem falta de homogeneidade geométrica e defeitos prejudiciais.

### E) Aditivos

Mediante aprovação prévia e por escrito da FISCALIZAÇÃO, poderão ser empregados aditivos destinados a melhorar a pega e/ou a resistência do concreto, e também outras características tais como plasticidade, homogeneidade, peso específico, impermeabilidade, resistência à compressão, etc., sempre precedidos de ensaios de dosagem.

Estes aditivos, que poderão ser líquidos ou em pó, somente serão utilizados segundo o especificado pela FISCALIZAÇÃO sendo indicada a qualidade e o tipo a ser utilizado.

O fornecimento, a conservação e o armazenamento em local adequado dos aditivos ficarão a cargo da CONTRATADA.

#### 5.7.2.5. Traços de Concreto

O teor de cimento, a granulometria dos agregados, o fator água-cimento e os eventuais aditivos serão determinados e aprovados com base nos ensaios de laboratório.

Devido à velocidade da água no canal, limitar-se-á a relação água-cimento a um quociente máximo de 0,45 visando aumentar a resistência à abrasão do concreto.

Durante o andamento das obras, a FISCALIZAÇÃO poderá introduzir modificações nas misturas, sem que isto proporcione à CONTRATADA o direito a reivindicação sobre preços ou prazo de execução da obra.

A dosagem de cimento para cada traço será feita a peso. As quantidades de brita e areia serão determinadas a peso, sendo que a água será medida em peso ou volume.

Na dosagem da água de amassamento será levada em conta a umidade dos agregados inertes, principalmente a da areia, que será determinada por meio de "speedy moisture tester" ou outros métodos expeditos usuais.

Os traços serão determinados por dosagem racional, de modo a obter as tensões de ruptura a compressão mínimas fixadas em projeto.

#### Mistura

O cimento será medido em peso, a brita e a areia por pesagem, e a água pelo peso ou volume. Na mediação desta última deverá ser levada em conta a umidade dos agregados, para que seja assegurado o valor da relação água-cimento.

Em qualquer caso, o concreto deverá ser misturado mecanicamente.

#### 5.7.2.6. Transporte do Concreto

O concreto deverá ser transportado do local de mistura ao local de destino tão depressa quanto possível e por métodos que evitem segregação dos materiais ou perda dos

ingredientes. Todo concreto que tenha endurecido por ficar longo tempo no equipamento de transporte, não poderá ser utilizado.

Tanto os veículos para transporte, a central e o local do destino como o método de manejo deverão preencher todos os requisitos aplicáveis. A utilização de equipamentos de transporte providos de elementos para misturar o concreto, só será permitida se a FISCALIZAÇÃO assim autorizar por escrito e forem satisfeitos os requisitos estabelecidos nas citadas especificações.

### 5.7.2.7. Lançamento

#### A) Procedimentos

O empreiteiro deverá conhecer as disposições que pretende adotar para a concretagem, por meio de um memorial detalhado dito "Programa de Concretagem", submetido à FISCALIZAÇÃO dentro do programa geral do trabalho a lhe ser entregue. Salvo decisão contrária, qualquer concretagem só poderá ser iniciada com a presença de um representante da FISCALIZAÇÃO.

Todo o concreto será lançado durante o horário preestabelecido no programa de concretagem. O lançamento noturno, em qualquer peça da obra, só será iniciado quando tenha sido instalada a iluminação adequada e a FISCALIZAÇÃO autorize por escrito.

Não será lançado concreto enquanto a profundidade das fundações, o terreno de fundação, as formas e sua amarração, os escoramentos e a armação não tiverem sido inspecionados e aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

O concreto não será exposto à ação da água antes de concluída a pega.

O lançamento do concreto será controlado de tal forma que a pressão produzida pelo concreto fresco não ultrapasse a que foi considerada no dimensionamento das formas e do escoramento. Depois de iniciada a pega, ter-se-á o cuidado de não sacudir as formas, nem provocar esforço ou deformação nas extremidades de armações deixadas para amarração com peças a construir posteriormente.

Todo o concreto será lançado de uma altura inferior a 2,00 m, para evitar segregação de seus componentes.

E proibido neste caso, o emprego de calhas para colocação do concreto. Onde for necessário lançar concreto diretamente de altura superior a 2,00 m, ele será vertido através de tubos de chapa metálica ou de material aprovado pela FISCALIZAÇÃO. As peças mencionadas serão conservadas limpas e isentas de crostas de concreto endurecido, sendo lavadas cuidadosamente com jato d'água após cada operação ou com maior frequência quando for necessário.

O concreto será lançado o mais próximo possível de sua posição final, não sendo depositado em grande quantidade em determinados pontos para depois ser espalhado ou manipulado ao longo das formas.

Ter-se-á especial cuidado em encher cada trecho de forma evitando que o agregado grosso fique em contato direto com a superfície, e fazendo com que o concreto envolva as barras de reforço sem deslocá-las.

## PROCIDADES

O lançamento de concreto com bombas só será permitido com autorização escrita da FISCALIZAÇÃO, que dependerá do equipamento disponível para bombear concreto ser adequado para o trabalho proposto quanto ao tipo, conveniente quanto à capacidade, e do método de bombeamento poder ser adaptado à obra a construir. A operação da bomba será controlada de modo a produzir corrente contínua de concreto, sem bolhas de ar. Terminada a operação de bombeamento, caso for desejado aproveitar o concreto que ficou na tubulação, ele será expelido, de modo a não se contaminar, nem sofrer segregação. Depois de efetuada essa operação, todo o equipamento será cuidadosamente limpo.

O concreto será lançado em camadas horizontais contínuas, cuja espessura não exceda 30 centímetros, exceto para determinadas peças cuja concretagem estiver prevista de outra forma. Quando, por razões de emergência, for necessário concretar menos uma camada horizontal completa numa operação, essa camada terminará num tabique, ou tábua vertical.

As descargas de concreto se sucederão sempre, umas em seguida as outras, cada camada sendo concretada e compactada antes que a camada anterior tenha iniciado a pega, a fim de evitar que se forme separação entre elas. As superfícies serão deixadas ásperas a fim de obter sempre boa ligação com a camada seguinte. A camada superior será concretada antes de inferior ter endurecido, e será compactada de modo a impedir a formação de junta de construção entre elas.

As camadas que forem concluídas num dia de trabalho, ou que tiverem sido concretadas pouco antes de se interromperem temporariamente as operações, serão limpas logo que a superfície tiver endurecido o suficiente, retirando-se toda a nata de cimento e todos os materiais estranhos. A fim de evitar, dentro do possível, uniões visíveis nas superfícies expostas, será dado acabamento à superfície aparente do concreto com raspadeira ou com outra ferramenta adequada.

As camadas horizontais, que pela sua localização possam forçar adelgaçamento da camada seguinte, serão modificadas, formando-se entalhe, de modo que a camada seguinte tenha pelo menos 15 centímetros de espessura na extremidade.

Sempre que houver dificuldade em colocar concreto junto às faces das formas, devido à presença de armações, a forma da peça, ou a qualquer outra circunstância, vibrar-se-ão as formas de modo a forçar o contato da argamassa com a superfície da forma.

Não será permitido suspender ou interromper a concretagem quando faltarem menos de 50 centímetros na altura para concluir qualquer peça, a não ser que os detalhes da obra indiquem coroamento com menos de 50 centímetros de espessura, caso em que a junta de construção poderá ser feita na base desse coroamento.

### **5.7.2.8. Vibração**

Sempre que não tiver sido indicado outro procedimento, as peças serão adensadas empregando-se vibradores pneumáticos ou elétricos, de imersão.

O vibrador será mantido na massa de concreto até que apareça a nata da superfície, quando então deverá ser retirado e mudado de posição.

Em peças delgadas, cujas formas tiverem sido construídas para resistirem à vibração, serão empregados vibradores externos, preliminarmente aprovados pela FISCALIZAÇÃO. Quando

## PROCIDADES

se tratar de peças fortemente armadas, a CONTRATADA usará vibradores capazes de compactar o concreto sem danificar as armações e formas.

A vibração terá intensidade e duração suficiente para produzir plasticidade e assentamento do concreto, adensando-o perfeitamente, sem excessos que provoquem segregação dos materiais.

Os vibradores de imersão serão aplicados no ponto de descarga do concreto e nos lugares onde o concreto tiver sido depositado pouco antes. Os vibradores descreverão voltas através de quaisquer cavidades formadas por pedras, de modo que toda a massa seja compactada cuidadosamente, de maneira uniforme. Durante a vibração de uma camada, o vibrador será mantido em posição vertical e a agulha deverá penetrar cerca de 10 cm na camada inferior, anteriormente lançada. Ele não será deslocado rapidamente no interior da massa, e uma vez terminada a vibração, será retirado lentamente para evitar a formação de bolhas e vazios.

Fica proibido o espalhamento de concreto utilizando pá, devendo ser usadas caçambas especiais para lançamento sendo o adensamento iniciado imediatamente.

Novas camadas não poderão ser lançadas antes que a precedente tenha sido tratada segundo estas prescrições.

### Cura e Prova de Carga

A cura e provas de carga obedecerão rigorosamente às normas da ABNT.

As superfícies de concreto deverão permanecer úmidas até os quatorze dias de idade. O meio empregado para a cura será umedecimento por aspersão contínua de água.

As superfícies de concreto destinadas a ficarem aparentes, e que não estiverem em contato com moldes durante a concretagem, deverão ser alisadas enquanto o concreto estiver fresco.

As superfícies de concreto serão protegidas adequadamente da ação direta do sol, da chuva e de agentes mecânicos, e não serão deixadas secar, quando da cura por aspersão continua, desde o lançamento até pelo menos 14 dias após. A água utilizada para cura deverá ser doce e limpa. As formas de madeira que permaneçam no local deverão ser mantidas úmidas até o final da cura, para evitar a abertura de juntas e o consequente ressecamento local do concreto.

As provas de carga serão realizadas sempre que a FISCALIZAÇÃO tiver dúvidas sobre a resistência de uma ou mais partes da estrutura. Estas provas serão executadas de acordo de acordo com as especificações da ABNT.

### **5.7.2.9. Juntas de Concretagem**

Serão obedecidas as prescrições da NB-1 da ABNT.

Quando a concretagem for suspensa por período de tempo superior àquele em que se iniciou a pega, o ponto onde tiver sido suspensa será considerada uma junta de concretagem. A localização das juntas de concretagem será planejada antecipadamente e a concretagem será contínua, de junta a junta. Essas juntas serão perpendiculares às linhas de ação dos esforços principais, devendo situar-se em trechos de esforço cortante mínimo e onde sejam viáveis.

## PROCIDADES

No caso de se terem juntas de concretagem, a superfície que servirá de junta será varrida intensamente com escova de aço, no período de 3 e 6 horas após a concretagem, ou será lavada com jato d'água e ar comprimido.

Quando se for unir concreto com outro já endurecido, a superfície da parte feita será raspada com ferramenta apropriada, para retirar a argamassa superficial, o material solto e os corpos estranhos. Essa superfície, lavada e limpa com escovas de aço, será molhada e conservada assim até a concretagem.

Na ocasião da concretagem, pouco antes do lançamento, a superfície preparada será coberta com uma camada de argamassa de cimento e areia, com traço igual ao do concreto, e fator água-cimento não superior ao da mistura a ser posteriormente lançada.

A critério da FISCALIZAÇÃO, poderão ser utilizados aditivos a base de epóxi para união das estruturas.

Sempre que o concreto for aplicado diretamente em contato com uma superfície rochosa, a operação será feita depois da purga da rocha, lavagem com água sob pressão de pelo menos 5 Kg/cm<sup>2</sup>, e retirada toda a água dos sulcos por meio de ar comprimido.

A critério da FISCALIZAÇÃO, poderão ser utilizados aditivos retardadores de pega, que serão removidos com jato d'água quando do lançamento do concreto fresco.

Para ir ligando as camadas sucessivas, deixar-se-ão chavetas adequadas na parte de cima da última camada, ao concluir cada jornada, e far-se-á o mesmo em outras alturas quando o trabalho for interrompido. Essas chavetas sobressairão acima ou além da junta, como estiver indicado no projeto. Em vez de chavetas podem ser empregadas as pedras ásperas ou espigas de aço, a critério da FISCALIZAÇÃO. O tamanho e o afastamento das chavetas e das espigas serão os indicados pela FISCALIZAÇÃO.

### 5.7.2.10. Correção de Fissuras

#### A) Fissuras Superficiais

A correção das fissuras superficiais será efetuada como segue:

- Identificar e marcar a trinca após a limpeza e lavagem da superfície do concreto. A trinca será facilmente identificada uma vez que a umidade se infiltra por ela, havendo contraste entre a cor clara do concreto seco e a linha escura da trinca molhada; esta deverá ser marcada, antes que seque completamente.
- Abrir ao longo da trinca um sulco de cerca de 1 (um) centímetro de largura por 2 (dois) centímetros de profundidade
- Limpar com escova de aço e preencher o sulco com material de vedação rígido, utilizando-se de produtos sintéticos a base de resina epóxica. Será utilizada resina pura, em fissuras de pequenas dimensões e resina com "Filler", para injeção em fissuras maiores, reparos em geral, ou como auxiliar nos serviços de injeção (vedação superficial).

#### B) Fissuras Profundas

As fissuras profundas existentes estão caracterizadas como juntas de trabalho, estando conseqüentemente sujeitas à movimentação, decorrente da variação de temperatura ou pela

ação de esforços mecânicos. Neste caso será necessária a utilização de materiais elásticos para o tratamento dessas fissuras.

Neste caso será aplicado o mástique elástico a base de polisulfetos, que além de permitir o trabalho mecânico da trinca, proporciona perfeita estanqueidade.

### **5.7.2.11. Formas e Cimbramentos**

As formas deverão ser executadas em madeira revestida seguindo as indicações detalhadas no projeto. Deverão ser estanques, lisas, solidamente estruturadas e apoiadas, devendo sua liberação, para as concretagens, ser precedida de aprovação da FISCALIZAÇÃO.

As formas deverão ser construídas pela CONTRATADA, com materiais aprovados pela FISCALIZAÇÃO e deverão ser usadas onde quer que sejam necessárias para confinar o concreto e moldá-lo nas linhas, dimensões e juntas exigidas. As formas deverão ser suficientemente estanques para impedir a perda de argamassa.

Qualquer vedação que seja necessária deverá ser feita com materiais aprovados pela FISCALIZAÇÃO.

Deverão ser colocados sarrafos chanfrados nos cantos das formas, de madeira a produzirem cantos chanfrados nos ângulos externos das superfícies de concreto permanentemente expostas. Os ângulos internos em tais superfícies não requererão chanfros, a menos que indicado em contrário nos desenhos. A menos que de outra forma especificado ou designado; serão usados sarrafos de uma polegada, de forma a chanfrar todos os cantos.

As formas remontadas deverão sobrepor o concreto endurecido do lance anteriormente colocado em não menos que 3 centímetros e deverão ser fixadas com firmeza contra o concreto endurecido, de maneira que, quando a colocação do concreto for reiniciada, elas não se alarguem e não permitam desvios ou perda de argamassa nas juntas de construção.

Serão usadas, se necessário, vedações com isopor, parafusos ou prendedores de forma adicionais para manter firmes as formas remontadas contra o concreto endurecido. As formas deverão ser construídas de maneira a manter as tolerâncias dimensionais especificadas.

Na ocasião em que o concreto for lançado nas formas, as superfícies destas últimas deverão estar isentas de incrustações de argamassa ou outro material estanho. Antes do concreto ser lançado, as superfícies das formas deverão ser untadas com óleo mineral que efetivamente impeça a adesão e não manche as superfícies do concreto.

O óleo para formas de madeira deverá ser do tipo mineral parafínico, claro refinado e puro. O óleo para formas de aço deverá ser do tipo mineral refinado. Todo o óleo para forma deverá ser aprovado pela FISCALIZAÇÃO. Após o untamento, o óleo em excesso nas superfícies da forma deverá ser removido. A armadura de aço ou outras superfícies que requeiram aderência ao concreto deverão ser mantidas isentas de óleo.

Não será permitido o uso de óleo queimado aplicado às formas ou outras substâncias que comprometam o bom aspecto dos concretos aparentes.

## PROCIDADES

O projeto das formas e de suas estruturas de sustentação é de responsabilidade da CONTRATADA.

A CONTRATADA deverá remeter à FISCALIZAÇÃO, no prazo mínimo de 15 (quinze) dias antes da execução de cada estrutura, os projetos de rigidez e estabilidade das formas, dos cimbramentos mais importantes e os planos de desforma e descimbramento.

Entretanto, a aprovação desses projetos e planos não exime a CONTRATADA de sua plena responsabilidade com relação à boa execução dos mesmos.

A FISCALIZAÇÃO não liberará nenhuma concretagem sem que antes tenham sido cumpridos requisitos mínimos de limpeza, posicionamento de ferragens e outras peças embutidas, aplicação de óleo ou outros componentes antiadesivos na superfície das formas em contato com o concreto e outros aspectos.

### 5.7.2.12. Reparos

A CONTRATADA deverá atender a todas as indicações da FISCALIZAÇÃO e do projeto, relativamente à garantia de qualidade dos concretos por ela lançados.

No caso de falha inadmissível de qualidade de estruturas ou peças, parcial ou totalmente concretadas, deverá providenciar medidas corretivas, compreendendo demolições, remoção do material demolido, recomposição de vazios, ninhos e porções estruturais, com emprego de enchimento adequado de argamassa ou concreto, injeções e providências outras. Os procedimentos a serem adotados nesses trabalhos serão fixados pela FISCALIZAÇÃO, à vista de cada caso e serão realizados sem ônus para a CONTRATANTE.

### 5.7.3. Lastro

Os lastros sob estruturas ou fundações diretas serão constituídos de duas camadas:

- a primeira, de pedra britada nº 2;
- a segunda, de concreto não estrutural.

A espessura das camadas será de, no mínimo, 50 mm cada, ou conforme projeto.

A camada de pedra britada, lançada sobre o terreno devidamente regularizado e apiloado, deverá ser compactada através de soquetes de madeira ou equipamento mecânico apropriado.

O lançamento do concreto não-estrutural deverá ser acompanhado de apiloamento com soquetes de madeira, com o cuidado de não ocasionar a segregação dos materiais. A superfície deverá ser regularizada e perfeitamente nivelada através de régua de madeira.

Nos casos de fundações por estacas, os blocos deverão apoiar-se diretamente sobre estas. Os lastros, portanto, deverão ocupar a área dos blocos sem interferir na união estaca-bloco.

Para o assentamento de tubulação diretamente sobre o solo, deve ser feito um rebaixo no fundo da vala para alojara o tubo. Isto é possível em terreno seco onde não haja rocha. Quando não for possível ser feito o rebaixo no terreno natural, ele deverá ser executado em colchão de material granular fino, normalmente areia ou pó de pedra, perfeitamente adensada,

## PROCIDADES

na espessura mínima, abaixo da geratriz externa, de 0,10 m e de 0,20 m, no caso de o leito apresentar-se respectivamente em solo e rocha.

A FISCALIZAÇÃO poderá ainda determinar os seguintes casos de fundação direta:

a) lastro de brita

A tubulação é assentada sobre lastro de pedra britada nº 3 e nº 4 compactado manualmente.

b) lastro, laje e berço

A tubulação é assentada sobre um berço de concreto apoiado em laje de concreto armado, executada sobre lastro de pedra britada nº 2 e nº 4.

Caso o solo não apresente características de suporte adequadas, este deverá ser substituído, ficando a critério da FISCALIZAÇÃO o enchimento da superescavação, o qual poderá ser feito com areia compactada ou pelo aumento da espessura do lastro de brita, dependendo da espessura do enchimento.

Nos trechos onde a camada de solo, adequado para a sustentação da tubulação, estiver localizada a uma profundidade relativamente grande e que não torne aconselhável a substituição do terreno de fundação, serão utilizadas estacas de modo a transmitir a carga da estrutura para a camada de solo de maior capacidade de carga.

## 7. MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM

Os serviços de conservação e manutenção correspondem às atividades de inspeção, limpeza e reparos dos componentes do sistema de drenagem, que deverão ser executadas baseado em rotinas e procedimentos periodicamente aplicados nas estruturas do sistema.

Os procedimentos e rotinas de serviços, dentre os quais estão a inspeção, limpeza e manutenção, serão aplicados aos seguintes componentes:

- Sarjetas
- Bocas de lobo, bueiros e galerias;
- Canais abertos e fechados;
- Reservatórios de armazenamento;

A Tabela 6.1 indica as estruturas do sistema de drenagem que devem ser submetidas à inspeção com suas rotinas e frequência mínima de execução das atividades.

## PROCIDADES

Tabela 6.1 - Procedimento de inspeção para as estruturas do sistema de drenagem

| Estrutura                                                          | Rotina                                                                                                                                      | Frequência Mínima                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bocas de Lobo                                                      | Inspeccionar os pontos de acesso bem como a superfície na área dos pontos de acesso. Atenção especial deve ser dada aos danos ou bloqueios. | 1 vez por ano antes do período chuvoso                                                                                                                                                          |
|                                                                    | Inspeccionar revestimento das estruturas para determinar quaisquer danos e deteriorações.                                                   | 1 vez por ano antes do período chuvoso                                                                                                                                                          |
|                                                                    | Procurar por obstruções causadas por acúmulo de resíduos e sedimentos.                                                                      | 1 vez por ano antes do período chuvoso                                                                                                                                                          |
| Bocas de Lobo com reservatório de detenção de qualidade.quantidade | Procurar por obstruções causadas por acúmulo de resíduos e sedimentos dentro das caixas de detenção.                                        | 1 vez antes do início do período chuvoso e a cada 2 meses durante o período chuvoso                                                                                                             |
| Redes coletoras e Poços de visita                                  | Inspeccionar os pontos de acesso bem como a superfície na área dos pontos de acesso. Atenção especial deve ser dada aos danos ou bloqueios. | 1 vez por ano antes do período chuvoso                                                                                                                                                          |
|                                                                    | Inspeccionar revestimento das estruturas para determinar quaisquer danos e deteriorações.                                                   | 1 vez por ano antes do período chuvoso                                                                                                                                                          |
|                                                                    | Procurar por obstruções causadas por acúmulo de resíduos e sedimentos.                                                                      | 1 vez por ano antes do período chuvoso                                                                                                                                                          |
| Bacias de Detenção                                                 | Inspeccionar o revestimento das bacias para determinar quaisquer danos e deteriorações.                                                     | Nos períodos de estiagem inspecionar a cada 3 meses. Durante o período chuvoso, as inspeções deverão ser mensais ou imediatamente após a ocorrência de um evento chuvoso de grande intensidade. |
|                                                                    | Verificar se ocorre acúmulo de detritos ou decomposição anaeróbia na bacia..                                                                | Nos períodos de estiagem inspecionar a cada 3 meses. Durante o período chuvoso, as inspeções deverão ser mensais ou imediatamente após a ocorrência de um evento chuvoso de grande intensidade. |
|                                                                    | Inspeccionar grades de retenção de resíduos para garantir que elas estão livres de detritos e lixo.                                         | Nos períodos de estiagem inspecionar a cada 3 meses. Durante o período chuvoso, as inspeções deverão ser mensais ou imediatamente após a ocorrência de um evento chuvoso de grande intensidade. |
|                                                                    | Inspeccionar estruturas de controle, equipamentos hidromecânicos (válvulas, registros, comportas, stop-logs ou outros existentes).          | Nos períodos de estiagem inspecionar a cada 3 meses. Durante o período chuvoso, as inspeções deverão ser mensais ou imediatamente após a ocorrência de um evento chuvoso de grande intensidade. |

**ANEXO 1 – PLANILHA HIDRÁULICA**

Planilha de Cálculo de Rede de Drenagem Pluvial

Local: ADE Centro Norte

Data: Fevereiro de 2021

TR= 10 anos Tc= 10 min

Rede 1

| 1                  | 2            | 3        | 4                         | 5     | 6         | 7       | 8              | 9            | 10           | 11              | 12    | 13 | 14          | 15         | 16    | 17                 | 18       | 19                      | 20       | 21     |
|--------------------|--------------|----------|---------------------------|-------|-----------|---------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|----|-------------|------------|-------|--------------------|----------|-------------------------|----------|--------|
| Descrição dos PV's | Cota Terreno |          | Área de Contribuição (ha) |       | Coef.     | Coef.   | Tempo          | Intensidade  | Comprim. (m) | Vazão           | Seção |    | Declividade | Velocidade | Y/D   | Profundidade do PV |          | Cota Geratriz Inf. Tubo |          | Degrau |
| PV                 | Mont. (m)    | Jus. (m) | Trecho                    | Total | Escoam. C | Manning | Concent. (min) | Chuva (mm/h) | Entre PV     | Calculada (l/s) | D1    | D2 | Adotada (%) | (m/s)      | (%)   | Mont. (m)          | Jus. (m) | Mont. (m)               | Jus. (m) | (m)    |
| PV1.1->PV2.1       | 1193.277     | 1193.096 | 0.021                     | 0.021 | 0.90      | 0.015   | 5.000          | 218.612      | 10.00        | 11.60           | 600   |    | 2.31        | 1.02       | 8.37  | 1.60               | 1.65     | 1191.677                | 1191.446 | 0.00   |
| PV2.1->PV3.1       | 1193.096     | 1191.495 | 0.000                     | 0.021 | 0.90      | 0.015   | 5.163          | 216.666      | 50.00        | 11.50           | 600   |    | 3.10        | 1.13       | 7.77  | 1.65               | 1.60     | 1191.446                | 1189.895 | 0.00   |
| PV1.2->PV3.1       | 1191.788     | 1191.495 | 0.010                     | 0.010 | 0.90      | 0.015   | 5.000          | 218.612      | 13.63        | 5.48            | 600   |    | 4.35        | 1.02       | 5.07  | 1.60               | 1.90     | 1190.188                | 1189.595 | 0.00   |
| PV3.1->PV4.1       | 1191.495     | 1191.041 | 0.000                     | 0.031 | 0.90      | 0.015   | 5.899          | 208.303      | 19.65        | 16.28           | 600   |    | 1.80        | 1.04       | 10.42 | 1.90               | 1.80     | 1189.595                | 1189.241 | 0.00   |



Local:

ADE Centro Norte

Planilha de Cálculo de Rede de Drenagem Pluvial

Data:

Fevereiro de 2021

TR=

10

anos

Tc=

10

min

Rede 2

| 1                  | 2            | 3        | 4                         | 5     | 6         | 7       | 8              | 9            | 10           | 11              | 12    | 13 | 14          | 15         | 16   | 17                 | 18       | 19                      | 20       | 21     |
|--------------------|--------------|----------|---------------------------|-------|-----------|---------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|----|-------------|------------|------|--------------------|----------|-------------------------|----------|--------|
| Descrição dos PV's | Cota Terreno |          | Área de Contribuição (ha) |       | Coef.     | Coef.   | Tempo          | Intensidade  | Comprim. (m) | Vazão           | Seção |    | Declividade | Velocidade | Y/D  | Profundidade do PV |          | Cota Geratriz Inf. Tubo |          | Degrau |
| PV                 | Mont. (m)    | Jus. (m) | Trecho                    | Total | Escoam. C | Manning | Concent. (min) | Chuva (mm/h) | Entre PV     | Calculada (l/s) | D1    | D2 | Adotada (%) | (m/s)      | (%)  | Mont. (m)          | Jus. (m) | Mont. (m)               | Jus. (m) | (m)    |
| PV1.1->PV2.1       | 1195.878     | 1195.244 | 0.036                     | 0.036 | 0.90      | 0.015   | 5.000          | 218.612      | 14.82        | 19.92           | 600   |    | 4.28        | 1.50       | 9.34 | 1.60               | 1.60     | 1194.278                | 1193.644 | 0.00   |



Local:

ADE Centro Norte

Planilha de Cálculo de Rede de Drenagem Pluvial

Data:

Fevereiro de 2021

Rede 3

TR=10anosTc=10min

| 1                  | 2            | 3        | 4                         | 5     | 6         | 7       | 8              | 9            | 10           | 11              | 12    | 13 | 14          | 15         | 16   | 17                 | 18       | 19                      | 20       | 21     |
|--------------------|--------------|----------|---------------------------|-------|-----------|---------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|----|-------------|------------|------|--------------------|----------|-------------------------|----------|--------|
| Descrição dos PV's | Cota Terreno |          | Área de Contribuição (ha) |       | Coef.     | Coef.   | Tempo          | Intensidade  | Comprim. (m) | Vazão           | Seção |    | Declividade | Velocidade | Y/D  | Profundidade do PV |          | Cota Geratriz Inf. Tubo |          | Degrau |
| PV                 | Mont. (m)    | Jus. (m) | Trecho                    | Total | Escoam. C | Manning | Concent. (min) | Chuva (mm/h) | Entre PV     | Calculada (l/s) | D1    | D2 | Adotada (%) | (m/s)      | (%)  | Mont. (m)          | Jus. (m) | Mont. (m)               | Jus. (m) | (m)    |
| PV1.1->PV2.1       | 1201.110     | 1199.999 | 0.015                     | 0.015 | 0.90      | 0.015   | 5.000          | 218.612      | 23.95        | 7.97            | 600   |    | 4.64        | 1.17       | 5.95 | 1.60               | 1.60     | 1199.510                | 1198.399 | 0.00   |



|                    |              |                        |                           |       |           |         |                |              |              |                 |       |    |             |            |      |                    |          |                         |          |        |
|--------------------|--------------|------------------------|---------------------------|-------|-----------|---------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|----|-------------|------------|------|--------------------|----------|-------------------------|----------|--------|
| Local:             |              | ADE Centro Norte       |                           |       |           |         |                |              |              |                 |       |    |             |            |      |                    |          |                         |          |        |
| Data:              |              | Fevereiro de 2021      |                           |       |           |         |                |              |              |                 |       |    |             |            |      |                    |          |                         |          |        |
| Rede 4             |              | TR= 10 anos Tc= 10 min |                           |       |           |         |                |              |              |                 |       |    |             |            |      |                    |          |                         |          |        |
| 1                  | 2            | 3                      | 4                         | 5     | 6         | 7       | 8              | 9            | 10           | 11              | 12    | 13 | 14          | 15         | 16   | 17                 | 18       | 19                      | 20       | 21     |
| Descrição dos PV's | Cota Terreno |                        | Área de Contribuição (ha) |       | Coef.     | Coef.   | Tempo          | Intensidade  | Comprim. (m) | Vazão           | Seção |    | Declividade | Velocidade | Y/D  | Profundidade do PV |          | Cota Geratriz Inf. Tubo |          | Degrau |
| PV                 | Mont. (m)    | Jus. (m)               | Trecho                    | Total | Escoam. C | Manning | Concent. (min) | Chuva (mm/h) | Entre PV     | Calculada (l/s) | D1    | D2 | Adotada (%) | (m/s)      | (%)  | Mont. (m)          | Jus. (m) | Mont. (m)               | Jus. (m) | (m)    |
| PV1.1->PV2.1       | 1212.612     | 1212.160               | 0.013                     | 0.013 | 0.90      | 0.015   | 5.000          | 218.612      | 15.20        | 7.13            | 600   |    | 3.30        | 1.00       | 6.11 | 1.60               | 1.65     | 1211.012                | 1210.510 | 0.00   |



|                    |              |                        |                           |       |           |         |                |              |              |                 |       |    |             |            |      |                    |          |                         |          |        |
|--------------------|--------------|------------------------|---------------------------|-------|-----------|---------|----------------|--------------|--------------|-----------------|-------|----|-------------|------------|------|--------------------|----------|-------------------------|----------|--------|
| Local:             |              | ADE Centro Norte       |                           |       |           |         |                |              |              |                 |       |    |             |            |      |                    |          |                         |          |        |
| Data:              |              | Fevereiro de 2021      |                           |       |           |         |                |              |              |                 |       |    |             |            |      |                    |          |                         |          |        |
| Rede 5             |              | TR= 10 anos Tc= 10 min |                           |       |           |         |                |              |              |                 |       |    |             |            |      |                    |          |                         |          |        |
| 1                  | 2            | 3                      | 4                         | 5     | 6         | 7       | 8              | 9            | 10           | 11              | 12    | 13 | 14          | 15         | 16   | 17                 | 18       | 19                      | 20       | 21     |
| Descrição dos PV's | Cota Terreno |                        | Área de Contribuição (ha) |       | Coef.     | Coef.   | Tempo          | Intensidade  | Comprim. (m) | Vazão           | Seção |    | Declividade | Velocidade | Y/D  | Profundidade do PV |          | Cota Geratriz Inf. Tubo |          | Degrau |
| PV                 | Mont. (m)    | Jus. (m)               | Trecho                    | Total | Escoam. C | Manning | Concent. (min) | Chuva (mm/h) | Entre PV     | Calculada (l/s) | D1    | D2 | Adotada (%) | (m/s)      | (%)  | Mont. (m)          | Jus. (m) | Mont. (m)               | Jus. (m) | (m)    |
| PV1.1->PV2.1       | 1216.084     | 1215.265               | 0.034                     | 0.034 | 0.90      | 0.015   | 5.000          | 218.612      | 19.62        | 18.74           | 600   |    | 4.43        | 1.49       | 9.00 | 1.60               | 1.65     | 1214.484                | 1213.615 | 0.00   |



## ANEXO 2 – DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO PERMEÁVEL

Dimensionamento do pavimento intertravado

| td | 10       | 15       | 20       | 25       | 30       | 35       | 40       | 45       | 50       | 55       | 60       | 65       | 70       | 75       | 80       | 85       | 90       | 95       | 100      | 105      | 110      | 115      | 120      | 125      |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| P  | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       | 30       |
| C  | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     | 0.78     |
| Ae | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   | 0.0025   |
| Ap | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   | 0.0881   |
| I  | 413.752  | 342.567  | 293.237  | 256.928  | 229.024  | 206.873  | 188.838  | 173.854  | 161.195  | 150.351  | 140.952  | 132.722  | 125.453  | 118.983  | 113.185  | 107.958  | 103.220  | 98.904   | 94.955   | 91.328   | 87.983   | 84.890   | 82.019   | 79.348   |
| K  | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 | 3.80E-03 |
| Cs | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      | 0.5      |
| Hi | 0.0991   | 0.1214   | 0.1366   | 0.1476   | 0.1557   | 0.1619   | 0.1666   | 0.1701   | 0.1729   | 0.1749   | 0.1764   | 0.1774   | 0.1781   | 0.1784   | 0.1785   | 0.1783   | 0.1778   | 0.1773   | 0.1765   | 0.1756   | 0.1745   | 0.1734   | 0.1721   | 0.1708   |

### **ANEXO 3 – DADOS PARA ALIMENTAÇÃO DO MODELO SWMM**

ANEXO 3 - DADOS DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO PARA MODELAGEM NO SWMM

| PV      | ÁREA  |           | COMPRIMENTO | LARGURA WIDTH |
|---------|-------|-----------|-------------|---------------|
|         | ha    | m²        | m           |               |
| PV-1.7  | 2.098 | 20,979.00 | 368.95      | 56.86         |
| PV-2.2  | 1.478 | 14,781.00 | 299.19      | 49.40         |
| PV-2.1  | 0.889 | 8,888.00  | 207.45      | 42.84         |
| PV-3.1  | 0.560 | 5,603.00  | 80.08       | 69.97         |
| PV-9.1  | 1.009 | 10,088.00 | 144.09      | 70.01         |
| PV-3.2  | 0.534 | 5,341.00  | 80.60       | 66.27         |
| PV-3.3  | 1.355 | 13,553.00 | 121.54      | 111.51        |
| PV-3.4  | 0.550 | 5,501.00  | 93.83       | 58.62         |
| PV-1.8  | 0.365 | 3,653.00  | 63.20       | 57.80         |
| PV-9.2  | 0.433 | 4,327.42  | 69.50       | 62.27         |
| PV-10.1 | 0.872 | 8,719.68  | 159.96      | 54.51         |
| PV-1.9  | 0.733 | 7,325.51  | 103.33      | 70.90         |
| PV-9.3  | 0.496 | 4,961.94  | 97.21       | 51.04         |
| PV-10.1 | 0.464 | 4,639.70  | 111.31      | 41.68         |
| PV-1.9  | 1.568 | 15,678.00 | 118.25      | 132.58        |
| PV-1.10 | 0.181 | 1,807.00  | 49.00       | 36.88         |
| PV-1.11 | 0.196 | 1,963.00  | 56.70       | 34.62         |
| PV-1.12 | 0.252 | 2,522.00  | 69.20       | 36.45         |
| PV-1.13 | 0.387 | 3,867.00  | 104.04      | 37.17         |
| PV-4.1  | 0.835 | 8,353.07  | 118.25      | 70.64         |
| PV-5.1  | 1.013 | 10,128.78 | 181.23      | 55.89         |
| PV-9.5  | 0.471 | 4,714.40  | 124.20      | 37.96         |
| PV-10.2 | 0.316 | 3,164.26  | 67.00       | 47.23         |
| PV-10.3 | 0.242 | 2,422.49  | 76.83       | 31.53         |
| PV-10.3 | 0.609 | 6,094.17  | 128.07      | 47.59         |
| PV-1.14 | 0.426 | 4,259.00  | 84.73       | 50.27         |
| PV-5.2  | 0.298 | 2,981.47  | 140.40      | 21.24         |
| PV-5.1  | 0.359 | 3,594.00  | 100.44      | 35.78         |
| PV-9.6  | 0.144 | 1,435.57  | 102.28      | 14.04         |
| PV-9.6  | 0.516 | 5,164.59  | 82.80       | 62.37         |
| PV-1.16 | 1.025 | 10,252.44 | 253.71      | 40.41         |
| PV-1.15 | 1.773 | 17,734.80 | 94.49       | 187.70        |
| PV-1.17 | 1.370 | 13,698.00 | 281.62      | 48.64         |
| PV-12.1 | 0.517 | 5,165.39  | 150.43      | 34.34         |
| PV-12.2 | 0.283 | 2,833.48  | 117.31      | 24.15         |
| PV-11.1 | 0.907 | 9,070.95  | 224.50      | 40.41         |
| PV-9.9  | 1.031 | 10,308.90 | 280.56      | 36.74         |
| PV-9.9  | 0.995 | 9,947.32  | 249.24      | 39.91         |
| PV-9.8  | 0.591 | 5,908.35  | 162.33      | 36.40         |
| PV-1.17 | 0.298 | 7,389.14  | 224.94      | 32.85         |
| PV-6.1  | 0.768 | 7,678.00  | 163.19      | 47.05         |
| PV-13.1 | 0.575 | 5,748.34  | 155.27      | 37.02         |
| PV-12.3 | 0.376 | 3,764.51  | 87.19       | 43.18         |
| PV-14.1 | 0.853 | 8,531.33  | 173.28      | 49.24         |
| PV-12.4 | 0.353 | 3,530.51  | 71.50       | 49.38         |
| PV-12.4 | 0.320 | 3,200.75  | 60.36       | 53.03         |
| PV-9.10 | 1.490 | 14,898.00 | 125.05      | 119.14        |

ANEXO 3 - DADOS DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO PARA MODELAGEM NO SWMM

| PV        | ÁREA   |            | COMPRIMENTO | LARGURA WIDTH |
|-----------|--------|------------|-------------|---------------|
|           | ha     | m²         | m           |               |
| PV-7.1    | 0.799  | 7,991.41   | 92.88       | 86.04         |
| PV-1.18   | 0.269  | 2,693.19   | 80.80       | 33.33         |
| PV-12.5   | 0.480  | 4,804.29   | 84.64       | 56.76         |
| PV-9.11   | 1.490  | 14,897.99  | 102.70      | 145.06        |
| PV-1.19   | 0.214  | 2,141.85   | 74.47       | 28.76         |
| PV-7.2    | 0.914  | 9,139.10   | 92.88       | 98.40         |
| PV-1.19   | 0.276  | 2,760.51   | 65.00       | 42.47         |
| PV-15.1   | 0.883  | 8,832.08   | 173.34      | 50.95         |
| PV-12.6   | 0.480  | 4,804.29   | 85.00       | 56.52         |
| PV-12.7   | 0.480  | 4,804.29   | 85.50       | 56.19         |
| PV-9.12   | 1.490  | 14,897.99  | 117.59      | 126.69        |
| PV-8.1    | 0.914  | 9,139.11   | 82.56       | 110.69        |
| PV-1.20   | 0.256  | 2,564.57   | 85.53       | 29.98         |
| PV-12.8   | 0.242  | 2,423.96   | 71.44       | 33.93         |
| PV-12.8   | 0.447  | 4,474.58   | 85.00       | 52.64         |
| PV-12.9   | 0.340  | 3,399.78   | 75.00       | 45.33         |
| PV-9.13   | 1.490  | 14,897.99  | 117.59      | 126.69        |
| PV-1.21   | 0.253  | 2,532.04   | 84.47       | 29.98         |
| PV-8.2    | 0.979  | 9,790.11   | 92.88       | 105.41        |
| PV-1.21   | 0.146  | 1,458.50   | 61.91       | 23.56         |
| PV-1.22   | 0.255  | 2,548.31   | 85.53       | 29.79         |
| PV-1.23   | 0.260  | 2,600.64   | 96.39       | 26.98         |
| PV-1.23   | 0.188  | 1,880.78   | 65.00       | 28.94         |
| PV-9.16   | 0.737  | 7,367.26   | 71.50       | 103.04        |
| PV-9.14   | 0.857  | 8,569.47   | 85.00       | 100.82        |
| PV-9.15   | 0.196  | 1,955.72   | 68.50       | 28.55         |
| PV-9.14   | 0.196  | 1,955.72   | 74.63       | 26.21         |
| PV-16.1   | 0.979  | 9,791.00   | 85.07       | 115.10        |
| PV-9.7    | 0.312  | 3,121.00   | 101.99      | 30.60         |
| PV-12.6   | 0.357  | 3,570.62   | 71.44       | 49.98         |
| PV-CRIADO | 39.170 | 391,700.00 | 1329.79     | 294.56        |

**ANEXO 4 – TABELA COM O RESULTADOS DOS TRECHOS DE REDE  
EXISTENTE NO SWMM**

## ANEXO 4 - RESULTADO DA SIMULAÇÃO DA REDE NO SWMM

| Tubo  | Vazão   | Hora da<br>máxima | Velocidade | Lâmina Y/D |
|-------|---------|-------------------|------------|------------|
|       | l/s     |                   | m/s        | %          |
| RD1   | 127.94  | 0:40              | 2.54       | 42%        |
| RD101 | 65.29   | 0:45              | 2.41       | 27%        |
| RD103 | 546.09  | 0:41              | 2.75       | 42%        |
| RD104 | 354.68  | 0:40              | 2.78       | 46%        |
| RD105 | 289.02  | 0:40              | 2.92       | 50%        |
| RD106 | 73.68   | 0:45              | 0.99       | 59%        |
| RD107 | 611.17  | 0:41              | 3.1        | 42%        |
| RD108 | 76.14   | 0:45              | 1.09       | 55%        |
| RD109 | 782.74  | 0:41              | 2.8        | 54%        |
| RD11  | 48.92   | 0:45              | 1.5        | 31%        |
| RD110 | 831.72  | 0:41              | 2.52       | 62%        |
| RD111 | 2567.52 | 0:42              | 4.33       | 52%        |
| RD112 | 2596.71 | 0:42              | 4          | 56%        |
| RD113 | 2834.57 | 0:42              | 4.92       | 61%        |
| RD114 | 3163.99 | 0:44              | 4.19       | 47%        |
| RD115 | 2828.34 | 0:43              | 4.04       | 42%        |
| RD117 | 255.3   | 0:40              | 2.9        | 46%        |
| RD118 | 127.66  | 0:40              | 1.66       | 41%        |
| RD119 | 134.53  | 0:40              | 2.51       | 44%        |
| RD120 | 1596.19 | 0:42              | 3.42       | 57%        |
| RD121 | 1431.15 | 0:42              | 3.62       | 50%        |
| RD122 | 1265.83 | 0:42              | 3.6        | 46%        |
| RD123 | 1086.28 | 0:42              | 3.5        | 42%        |
| RD124 | 926.84  | 0:42              | 1.87       | 60%        |
| RD126 | 68.98   | 0:45              | 1.81       | 34%        |
| RD128 | 2474.74 | 0:45              | 1.94       | 68%        |
| RD132 | 739.07  | 0:41              | 3.95       | 40%        |
| RD138 | 1734.83 | 0:46              | 4.76       | 26%        |
| RD139 | 157.48  | 0:41              | 2.83       | 46%        |
| RD14  | 686.33  | 0:40              | 3.91       | 38%        |
| RD141 | 1988.13 | 0:46              | 3.67       | 35%        |
| RD143 | 1779.12 | 0:46              | 3.47       | 33%        |
| RD145 | 1735    | 0:46              | 3.8        | 31%        |
| RD149 | 2202    | 0:45              | 3.77       | 37%        |
| RD151 | 2269.34 | 0:45              | 1.8        | 67%        |
| RD153 | 104.11  | 0:40              | 1.81       | 47%        |
| RD155 | 223.14  | 0:40              | 2.27       | 50%        |
| RD157 | 2794.27 | 0:43              | 3.83       | 43%        |
| RD158 | 2509.63 | 0:45              | 3.91       | 39%        |
| RD159 | 3130.13 | 0:43              | 4.07       | 45%        |
| RD19  | 277.87  | 0:41              | 3.98       | 39%        |
| RD2   | 6045.73 | 0:43              | 4.31       | 87%        |
| RD20  | 648.17  | 0:40              | 3.71       | 38%        |
| RD23  | 281.62  | 0:40              | 3.42       | 44%        |

ANEXO 4 - RESULTADO DA SIMULAÇÃO DA REDE NO SWMM

| Tubo | Vazão   | Hora da<br>máxima | Velocidade | Lâmina Y/D |
|------|---------|-------------------|------------|------------|
|      | l/s     |                   | m/s        | %          |
| RD24 | 182.11  | 0:40              | 3.7        | 41%        |
| RD26 | 132.85  | 0:40              | 2.44       | 45%        |
| RD28 | 227.09  | 0:40              | 3.21       | 39%        |
| RD3  | 131.22  | 0:40              | 2.54       | 31%        |
| RD30 | 227.12  | 0:40              | 2.98       | 41%        |
| RD32 | 164.33  | 0:40              | 2.59       | 50%        |
| RD34 | 98.36   | 0:40              | 2.05       | 41%        |
| RD36 | 906.33  | 1:00              | 3.18       | 22%        |
| RD39 | 856.18  | 1:00              | 2.33       | 48%        |
| RD4  | 80.6    | 0:40              | 1.98       | 36%        |
| RD41 | 953.98  | 1:00              | 3.77       | 20%        |
| RD43 | 954     | 1:00              | 3.91       | 20%        |
| RD45 | 954.02  | 1:00              | 4.66       | 17%        |
| RD47 | 1068.93 | 0:56              | 4.32       | 20%        |
| RD49 | 1068.97 | 0:56              | 3.9        | 21%        |
| RD5  | 53.35   | 0:45              | 0.88       | 50%        |
| RD51 | 1068.98 | 0:56              | 4.41       | 19%        |
| RD54 | 1069    | 0:56              | 5.07       | 18%        |
| RD55 | 1122.75 | 0:56              | 4.42       | 20%        |
| RD57 | 307.18  | 0:45              | 3.02       | 26%        |
| RD59 | 89.07   | 0:40              | 1.72       | 43%        |
| RD6  | 1986.73 | 2:59              | 5.37       | 62%        |
| RD61 | 258.6   | 0:50              | 2.98       | 23%        |
| RD63 | 153.62  | 0:50              | 3.07       | 30%        |
| RD65 | 67.74   | 0:45              | 2.67       | 26%        |
| RD68 | 1122.74 | 0:56              | 5.02       | 18%        |
| RD69 | 1646.22 | 0:46              | 5.56       | 22%        |
| RD70 | 1646.14 | 0:46              | 5.31       | 23%        |
| RD73 | 1672.76 | 0:46              | 5.95       | 22%        |
| RD75 | 1700.53 | 0:46              | 4.23       | 28%        |
| RD77 | 1672.76 | 0:46              | 3.76       | 30%        |
| RD79 | 1700.78 | 0:46              | 3.34       | 33%        |

**ANEXO 5 – RELATÓRIO DE ANÁLISE DE ESTABILIDADE DOS TALUDES**

**CONTRATO Nº 08/2014-SDE/DF**

**APOIO À UNIDADE DE GERENCIAMENTO DO PROGRAMA**

**ESTUDO DE ESTABILIDADE GEOTÉCNICA**

**SDE – ADE – CENTRO-NORTE - CEILÂNDIA**

**BRASÍLIA/DF**

**AGOSTO 2020**

## **EQUIPE TÉCNICA**

**PLÍNIO FRAGASSI**

Engº Civil – CREA-MG 68431/D

## **ESTRUTURA DE APRESENTAÇÃO**

### **Volume Único:**

Relatório Estudo de Estabilidade Geotécnica.

ANEXO - I – Estudo Geotécnico;

ANEXO – II – Memória de Cálculo Programa SLIDE.

## SUMÁRIO

|            |                                                             |           |
|------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>APRESENTAÇÃO .....</b>                                   | <b>5</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO PROGRAMA .....</b>              | <b>6</b>  |
| <b>2</b>   | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                      | <b>7</b>  |
| <b>3</b>   | <b>LOCALIZAÇÃO .....</b>                                    | <b>8</b>  |
| <b>4</b>   | <b>ESTUDO DE ESTABILIDADE GEOTÉCNICA .....</b>              | <b>9</b>  |
| <b>4.1</b> | <b>ENSAIOS GEOTÉCNICOS .....</b>                            | <b>9</b>  |
| <b>4.2</b> | <b>RESUMO DOS ENSAIOS.....</b>                              | <b>10</b> |
| <b>4.3</b> | <b>PARÂMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS.....</b>               | <b>12</b> |
| <b>4.4</b> | <b>EMBASAMENTO TEÓRICO.....</b>                             | <b>13</b> |
| <b>4.5</b> | <b>ESTABILIDADE DA SEÇÃO CRÍTICA .....</b>                  | <b>16</b> |
| <b>4.6</b> | <b>INTERPRETAÇÃO DOS DADOS DE ESTABILIDADE OBTIDOS.....</b> | <b>18</b> |
| <b>5</b>   | <b>CONCLUSÃO .....</b>                                      | <b>19</b> |
| <b>6</b>   | <b>ANEXO I –ESTUDOS GEOTÉCNICOS .....</b>                   | <b>20</b> |
| <b>7</b>   | <b>ANEXO II – MEMÓRIA DE CÁLCULO PROGRAMA SLIDE.....</b>    | <b>21</b> |

# 1 APRESENTAÇÃO

O Governo do Distrito Federal, por intermédio de Operação de Crédito Externa contraída com garantia do Governo Federal, obteve um financiamento junto ao Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, objeto do Contrato de Empréstimo BID nº 2957/OC-BR, assinado em 10 de setembro de 2014. O Programa conta também com recursos de contrapartida do Governo do Distrito Federal e seu objetivo geral do Programa de Desenvolvimento Econômico do Distrito Federal - PROCIDADES é promover o desenvolvimento econômico do Distrito Federal, mediante melhorias no ambiente de negócios e promoção de investimentos, além da melhoria da infraestrutura urbana e do fomento do desenvolvimento empresarial em 05 (cinco) ADEs distribuídas por 03 três regiões administrativas, a saber:

| CIDADE                | ÁREA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (ADE)       |
|-----------------------|-----------------------------------------------|
| <b>CEILÂNDIA-DF</b>   | Centro Norte                                  |
|                       | Setor de Indústrias                           |
|                       | Setor de Depósitos de Materiais de Construção |
| <b>GAMA-DF</b>        | AMA do Gama                                   |
| <b>SANTA MARIA-DF</b> | Polo JK                                       |

As ADEs foram concebidas com o intuito de alcançar um desenvolvimento econômico dos núcleos urbanos nos quais estão inseridas. Para a implementação das ADEs e para estimular a economia do Distrito Federal como um todo, foi criado em 1996 o Programa de Desenvolvimento Econômico Integrado e Sustentável do Distrito Federal, o Pró/DF. A primeira fase do Programa perdurou até 2003 e tinha como objetivo apoiar as iniciativas de negócios que produzissem bens e serviços gerando empregos e renda e elevassem a geração de receita tributária para o Distrito Federal. Atualmente, o enfoque estratégico de desenvolvimento econômico vem sendo aperfeiçoado.

## 1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO PROGRAMA

O Programa é composto por quatro componentes específicos destinados à:

- promover a diversificação das atividades econômicas do DF em bases sustentáveis;
- consolidar as Áreas de Desenvolvimento Econômico – ADEs como estratégia de desenvolvimento econômico local; e
- fortalecer a Secretaria de Economia e Desenvolvimento Sustentável do Distrito Federal como órgão responsável pela condução da política de desenvolvimento econômico do DF.

O Projeto financiado pelo BID e Governo do Distrito Federal buscará alcançar os objetivos propostos por meios dos componentes citados a seguir:

- **Componente I – Desenvolvimento Institucional Estratégico**
- **Componente II – Programa de Atração de Investimentos**
- **Componente III – Desenvolvimento Empresarial ADEs**
- **Componente IV - Urbanismo e Infraestrutura nas ADEs**

Sua execução será realizada pela SEDES por meio de uma Unidade de Gerenciamento do Programa – UGP.

## 2 INTRODUÇÃO

O Consórcio Cobrape Topocart, apresenta o Estudo Estabilidade Geotécnica referente às bacias de amortecimento de drenagem pluvial da Áreas de Desenvolvimento Econômico – ADE Centro Norte, localizada na RA IX – Região Administrativa de Ceilândia - Distrito Federal.

O presente Relatório dos Estudos de Estabilidade Geotécnica, com base nos ensaios geotécnicos realizados para as das bacias de drenagem pluvial (Anexo I), apresenta os aspectos técnicos necessários para a avaliação da estabilidade geotécnica. As informações aqui contidas foram baseadas em normas vigentes as quais estabelecem às diretrizes necessárias à execução deste estudos, em especial o termo de referência para elaboração de projetos de drenagem pluvial da NOVACAP.

### 3 LOCALIZAÇÃO

As bacias de amortecimento da Área de Desenvolvimento Econômico – ADE Centro-Norte está localizada no extremo sul da ADE Centro Norte, na Região Administrativa de Ceilândia - RA-IX (**Figura 1**).



**Figura 1: Localização das Bacias de Amortecimento da ADE Centro-Norte.**

Fonte: imagem Google Earth.

## 4 ESTUDO DE ESTABILIDADE GEOTÉCNICA

### 4.1 ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Os estudos geotécnicos estão apresentados no Anexo I e consistiram na execução dos ensaios e sondagens durante o meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2020:

- 05 sondagens a percussão (SPT);
- 06 ensaios de infiltração, em várias profundidades do furo de SPT 05;
- 02 ensaios de adensamento oedométrico, sendo um na condição natural e o outro inundado desde o início dos estágios de carregamento;
- 03 ensaios de cisalhamento direto para obtenção da curva;
- 02 conjuntos de ensaios para caracterização de material, sendo um no local do SPT 01 e o outro no local do SPT 03;
- 02 conjuntos de ensaios granulometria por peneiramento e por sedimentação, sendo um no local do SPT 01 e o outro no local do SPT 03.

Os ensaios de infiltração foram realizados a medida que o ensaio de SPT 05 avançava, sendo executados ensaios nas profundidades de 2,45m; 3,45m; 4,45m; 5,45m; 6,45m e 7,22m (final do ensaio).

No local do SPT 01 também foi coletada amostra para a realização dos ensaios de caracterização, de compactação, de expansão e de CBR. Tal procedimento também foi adotado para o local do SPT 03.

Ademais, no local que foi executado o SPT 03, foi escavado um poço e coleta uma amostra indeformada para a realização dos ensaios de cisalhamento direto e de adensamento duplo oedométrico, sendo um na condição natural e o outro inundado.

Com relação ao local de execução dos ensaios de SPT, informamos que os SPT 01 a 03 e o SPT 05 foram executados na crista do barramento e o SPT 04 em local externos às Bacias de Amortecimento, ou seja, em terreno natural. No local do SPT 04 já existe uma pequena erosão, sendo que o material superficial tem características arenosas

## 4.2 RESUMO DOS ENSAIOS

Nas tabelas a seguir, são apresentados os resumos dos resultados dos ensaios geotécnicos, com os quais foram analisadas as características do solo, fundamental para a simulação da cenário mais desfavorável, quanto à estabilidade dos taludes, encontrado nas bacias de amortecimento da ADE Centro Norte.

### a) Sondagens SPT

Tabela 1: Relação, Profundidade Impenetrável x Nível D'água das sondagens SPT.

| Sondagem | Data de Ensaio | Profundidade Impenetrável (m) | N.A. (m) | SOLO                                                                                                              |
|----------|----------------|-------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SPT 01   | 16/01/2020     | 4,33                          | 2,52     | Argila MÉDIA a MUITO COMPACTA                                                                                     |
| SPT 02   | 21/02/2020     | 4,36                          | 2,88     | Areia COMPACTA a MUITO COMPACTA                                                                                   |
| SPT 03   | 21/02/2020     | 6,35                          | 2,47     | RIJA até 3,00 m e COMPACTA a MUITO COMPACTA até o impenetrável                                                    |
| SPT 04   | 21/02/2020     | 2,40                          | 0,23     | MUITO COMPACTA                                                                                                    |
| SPT 05   | 15/04/2020     | 7,22                          | 3,37     | Até 2,45 m MOLE a RIJA, depois de RIJA a MÉDIA até 5,0 m, passando para DURA e MUITO COMPACTA até o impenetrável. |

Observa-se, no geral, que o solo da região onde estão localizadas as bacias, têm características boas à excelentes de resistência.

## b) Ensaio de Infiltração

Tabela 2: Relação, Profundidade Ensaída x Taxa de Infiltração.

| Sondagem | Data de Ensaio | Profundidade Ensaída (m) | Taxa de Infiltração (cm/s) | Local                                                        |
|----------|----------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| SPT 05   | 15/04/2020     | 2,45                     | $3,80 \times 10^{-5}$      | ADE Centro Norte –<br>Ceilândia – Bacias de<br>Amortecimento |
|          |                | 3,45                     | $1,57 \times 10^{-5}$      |                                                              |
|          |                | 4,45                     | $1,34 \times 10^{-5}$      |                                                              |
|          |                | 5,45                     | $1,33 \times 10^{-5}$      |                                                              |
|          |                | 6,45                     | $9,00 \times 10^{-6}$      |                                                              |
|          |                | 7,22                     | $5,44 \times 10^{-6}$      |                                                              |

Segundo Plano Diretor de Drenagem Urbana do DF (Concremat Engenharia/DF, 2009), a taxa de condutividade hidráulica saturada do solo deve ser  $k > 2,1 \times 10^{-6}$  m/s para a instalação de medidas de controle por infiltração. Assim, as bacias de drenagem de amortecimento, também atuam como medida de controle por infiltração.

## c) Ensaio de Cisalhamento Direto e Colapsividade

Tabela 03: Resultados obtidos no ensaio de cisalhamento direto na Bacia 02.

| Bacias de Amortecimento - ADE Centro Norte |                                           |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| MÁXIMAS TENSÕES DE CISALHAMENTO OBTIDAS    |                                           |
| TENSÃO NORMAL (kgf/cm <sup>2</sup> )       | TENSÃO CISALHANETE (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| 0,50                                       | 0,626                                     |
| 1,00                                       | 1,039                                     |
| 2,00                                       | 1,981                                     |
| Coeficientes                               |                                           |
| Coesão - c (kgf/cm <sup>2</sup> )          | 0,16                                      |
| Ângulo de Atrito - $\phi$ (°)              | 42,26                                     |

Os ensaios de cisalhamento direto foram realizados na condição inundada em uma amostra indeformada coletada na profundidade de 1,25m e no mesmo local do ensaio de SPT 03.

Visualizando os resultados apresentados na planilhas de ensaios (Anexo I), podemos concluir que as amostras ensaiadas nas pressões submetidas não se apresentaram susceptíveis ao colapso.

## d) Ensaio de Caracterização, Compactação e CBR

Tabela 4: Resumo dos resultados dos ensaios de caracterização, compactação e CBR.

| BACIA DE AMORTECIMENTO | AMOSTRA DEFORMADA | PROF. DE COLETA | ÍNDICES FÍSICOS |      | GRANULOMETRIA                   |       |        | ENSAIO DE COMPACTAÇÃO |                      | ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (CBR) |      |
|------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|------|---------------------------------|-------|--------|-----------------------|----------------------|------------------------------------|------|
|                        |                   |                 |                 |      | MATERIAL QUE PASSA NAS PENEIRAS |       |        | LABORATÓRIO           |                      |                                    |      |
|                        |                   |                 | L.L             | I.P. | Nº 10                           | Nº 40 | Nº 200 | Hot.                  | Massa esp. Seca max. | Exp.                               | ISC  |
|                        |                   | m               | %               | %    | %                               | %     | %      | %                     | g/cm³                | %                                  | %    |
| 01                     | Prox. Do SPT 01   | 1,20            | 21,9            | NP   | 77,0                            | 75,5  | 36,5   | 17,1                  | 1727                 | 0,0                                | 11,5 |
| 02                     | Prox. Do SPT 03   | 1,25            | 15.0            | NP   | 95.4                            | 94.7  | 45.8   | 15.2                  | 1756                 | 0.0                                | 12.0 |

## 4.3 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS UTILIZADOS

Como se trata de estudo de estabilidade, os parâmetros do solo que mais influenciam no dimensionamento são o ângulo de atrito, a coesão e a massa específica. Na tabela 5, apresentamos os dados a serem adotados para os estudos de estabilidade.

Tabela 5: Coesão dos Solos Argilosos, segundo Alonso (1983).

| Coeficientes                      |       |
|-----------------------------------|-------|
| Massa esp. Seca g/cm <sup>3</sup> | 1756  |
| Coesão - c (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 0,16  |
| Ângulo de Atrito - $\phi$ (°)     | 42,26 |

Muitas das vezes, por falta de ensaios geotécnicos específicos, estes dois parâmetros são definidos por meio de correlações com outros ensaios geotécnicos, como por exemplo, o SPT. Nas Tabelas 6 e 7, são apresentados valores consolidados na área acadêmica brasileira, que utilizaremos apenas para conferências.

Na Tabela 6 temos o Anexo A da NBR 6484/2001 com os estados de compacidade e de consistência para solos em função do Índice de Resistência à Penetração “N” obtido nos ensaios de SPT e a estimativa de coesão em solos argilosos, segundo Alonso (1983).

Tabela 6: Coesão dos Solos Argilosos, segundo Alonso (1983).

| <b>Argilas</b> | <b>Nspt</b> | <b>C(KPa)</b> |
|----------------|-------------|---------------|
| Muito Mole     | < 2         | < 10          |
| Mole           | 2 a 4       | 10 a 25       |
| Média          | 4 a 8       | 25 a 30       |
| Rija           | 8 a 15      | 50 a 100      |
| Muito Rija     | 15 a 30     | 100 a 200     |
| Dura           | >30         | >200          |

Na Tabela 7, para solos arenosos, temos as seguintes estimativas de ângulos de atrito, segundo Alonso (1983).

Tabela 7: Ângulo de atrito para Solos Arenosos, segundo Alonso (1983).

| <b>Areia</b>          | <b>Compacidade Relativa, Dr</b> | <b>Nspt</b> | <b><math>\phi(^{\circ})</math></b> |
|-----------------------|---------------------------------|-------------|------------------------------------|
| Fofa                  | < 0,2                           | < 4         | < 310                              |
| Pouco Compacta        | 0,2 a 0,4                       | 4 a 10      | 30 a 35                            |
| Medianamente Compacta | 0,4 a 0,6                       | 10 a 30     | 35 a 40                            |
| Compacta              | 0,6 a 0,8                       | 30 a 50     | 40 a 45                            |
| Muito Compacta        | >0,8                            | >50         | >45                                |

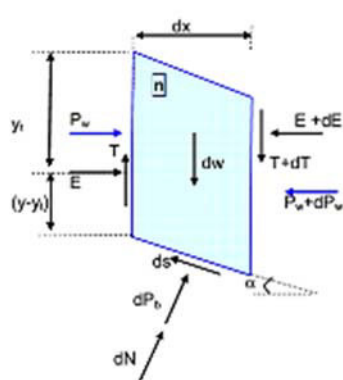
Enfim, os dados do cisalhamento direto obtidos para a análise de solo das bacias, estão dentro do esperado, podendo ser utilizados como parâmetros para o estudo de estabilidade dos taludes.

De forma conservadora, usaremos estes dados para todo o perfil geotécnico, uma vez que observa-se a melhora das característica de resistência do solo com o aumento da profundidade.

#### 4.4 EMBASAMENTO TEÓRICO

O método mais abrangente para determinação do equilíbrio limite foi desenvolvido por Morgenstern e Price em 1965, posteriormente aprimorado por Morgenstern. Possibilita a avaliação de superfícies não circulares e é considerado pela literatura um método rigoroso.

Seja o esquema abaixo para uma fatia infinitesimal considerada:



$dW$  = peso da fatia

$P_w$  = poropressão no contorno da fatia

$dP_w$  = resultante poropressão na base da fatia

$E$  e  $T$  = esforços entre fatias atuando em  $(y-y_t)$

$ds$  = resistência na base

De maneira a tornar o equilíbrio estaticamente determinado, é preciso que a relação entre  $E$  e  $T$  seja dada por uma função:

$$F(x) = T / (l \times E)$$

Onde  $l$  é um parâmetro determinado a partir da solução.  $F(x)$  é uma função acrescida à solução de estabilidade para contemplar rupturas não circulares e/ou na presença de estratificações. Quando  $F(x) = 0$ , a solução é idêntica à de Bishop. Quando  $f(x) = K$  (constante) a solução é idêntica ao método de Spencer.

Retornando à fatia infinitesimal, o equilíbrio de momentos com relação a base (quando  $dx$  tende a zero) é dado por:

$$-T = \frac{d\{E(y - y_t)\}}{dx} - E \frac{dy}{dx} + \frac{d\{P_w(y - h)\}}{dx} - P_w \frac{dy}{dx}$$

Onde são definidas as funções:

$Y(x)$  representando a superfície de ruptura;

$Z(x)$  a superfície do talude;

$H(x)$  a linha de poropressão e;

$Y_t(x)$  a linha de ação da tensão efetiva normal.

Em se tratando de materiais que respondem à lei de Mohr-Coulomb, o equilíbrio pode ser desdobrado na equação abaixo:

$$\frac{dE}{dx} \left\{ 1 - \frac{\tan \phi'}{FS} \frac{dy}{dx} \right\} + \frac{dT}{dx} \left\{ \frac{\tan \phi'}{FS} + \frac{dy}{dx} \right\} =$$

$$\frac{c'}{FS} \left\{ 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right\} + \frac{dP_w}{dx} \left\{ \frac{\tan \phi'}{FS} \frac{dy}{dx} - 1 \right\} + \frac{dW}{dx} \left\{ \frac{\tan \phi'}{FS} + \frac{dy}{dx} \right\} - P_w \left\{ 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right\} \frac{\tan \phi'}{FS}$$

$$\Rightarrow \frac{dE}{dx} \left\{ 1 - \frac{\tan \phi'}{FS} \frac{dy}{dx} \right\} + \lambda f \left\{ \frac{\tan \phi'}{FS} + \frac{dy}{dx} \right\} + \lambda \frac{df}{dx} \left\{ \frac{\tan \phi'}{FS} + \frac{dy}{dx} \right\} E =$$

$$\frac{c'}{FS} \left\{ 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right\} + \frac{dP_w}{dx} \left\{ \frac{\tan \phi'}{FS} \cdot \frac{dy}{dx} - 1 \right\} + \frac{dW}{dx} \left\{ \frac{\tan \phi'}{FS} + \frac{dy}{dx} \right\} - P_u \left\{ 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right\} \frac{\tan \phi'}{FS}$$

Considerando a subdivisão em fatias infinitesimais onde as coordenadas de limite sejam  $X_0, X_1, X_2 \dots X_n$ , onde a coordenada  $X$  se localiza no início de cada fatia, o interior de cada infinitesimal assume as expressões:

$$dW/dx = px + q;$$

$$f = kx + m$$

$$P_u = rx + s$$

$$P_w = uw + nwx = Ww \cdot x^2$$

Donde se obtém a equação simplificada:

$$E(x) = \frac{1}{L + Kx} \left[ E_i L + \frac{Nx^2}{2} + Px \right] \rightarrow E_{i+1} = \frac{1}{L + Kb} \left[ E_i L + \frac{Nb^2}{2} + Pb \right]$$

Onde  $b$  é a largura da fatia correspondente à diferença entre a posição  $x$  e a imediatamente anterior. Usando a relação  $E$  e  $T$ , bem como a equação de equilíbrio de momentos, obtém-se a equação:

$$M(x) = E(y_i - y) = M_{ew}(x) + \int_{x_0}^x \left( \lambda f - \frac{dy}{dx} \right) E dx$$

onde

$$M_{ew}(x) = \int_{x_0}^x \left( -P_w \frac{dy}{dx} \right) dx + [P_w(y - h)]$$

O método é solucionado iterativamente assumindo valores para o fator de segurança e  $l$ , calculando  $E$  e  $M(x)$  para cada uma das fatias. O equilíbrio se dá através da anulação dos valores de  $E$  e  $M$  para  $x=0$  e  $x=n$  fatias. O processo iterativo se faz necessário utilizando métodos numéricos que avaliam a convergência das equações. A utilização de um computador é condição “*sine qua non*” dada à complexidade e número de iterações, de forma a ser viável.

Para efeito de cobrir os possíveis desvios de comportamento (faixas de variação de propriedades tais como massa específica, coesão e ângulo de atrito interno) dos solos, foi considerado na análise da estabilidade probabilística pelo método de Monte-Carlo. Essa

análise consiste em introduzir um desvio padrão prévio nas propriedades e avaliar por distribuição normal a confiabilidade (possibilidade de falha) do talude.

Quanto à influência do nível d'água, considerou-se a pior situação que é o rebaixamento rápido do nível d'água da bacia 4 e a bacia 3 (montante da bacia 4) com o nível d'água no máximo (figura xx).

Os resultados encontrados na análise podem ser entendidos da seguinte maneira: Segundo a GeoRio, deverá ser considerado como satisfatório fator de segurança (FS) acima de 1,5 para aqueles taludes (com ou sem intervenção de contenção) onde, no caso de falha, haja perdas materiais sem prejuízo de vidas.

#### 4.5 ESTABILIDADE DA SEÇÃO CRÍTICA

A seção crítica de estabilidade das Bacias de Amortecimento da ADE Centro Norte é uma combinação de fatores que podem acontecer e colocar em risco a estabilidade dos maciços.

Uma vez que o solo da região não apresenta muita variação quanto à resistência e serão adotados ângulo de atrito e coesão conservadores, conforme já mencionados no item 4.3, os fatores que são preponderantes na estabilidade são:

- a) Geometria das bacias – Maior desnível entre as Bacias 03 e 04, com 8 metros (figura 03)

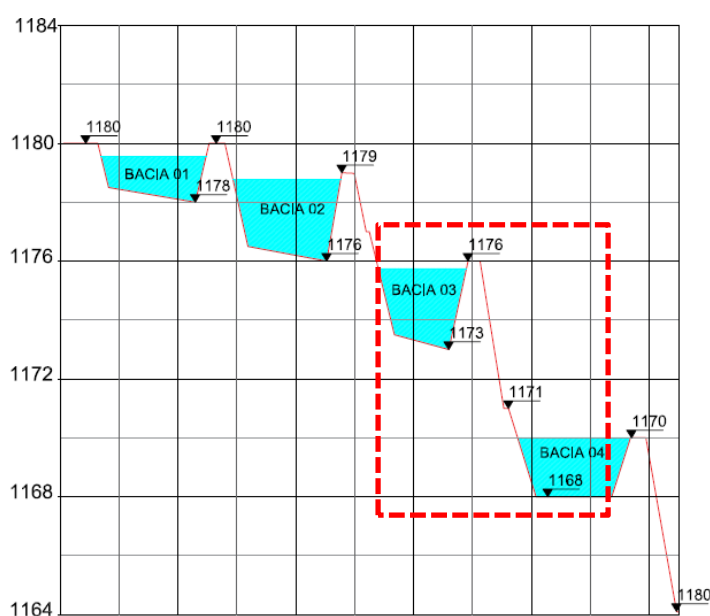
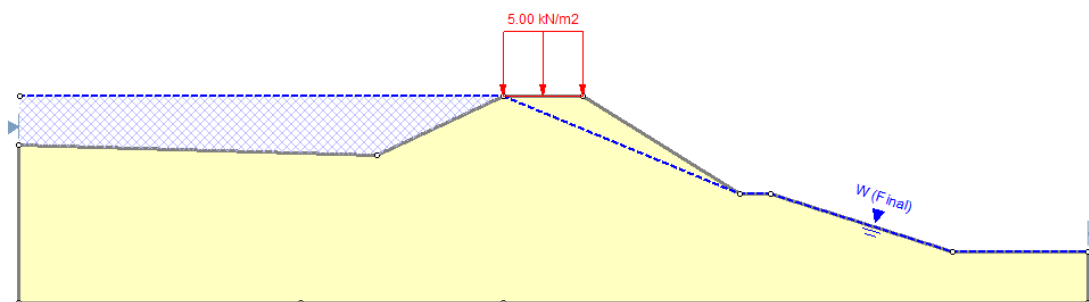


Figura 03—Destaque do maior desnível entre as Bacias de Amortecimento

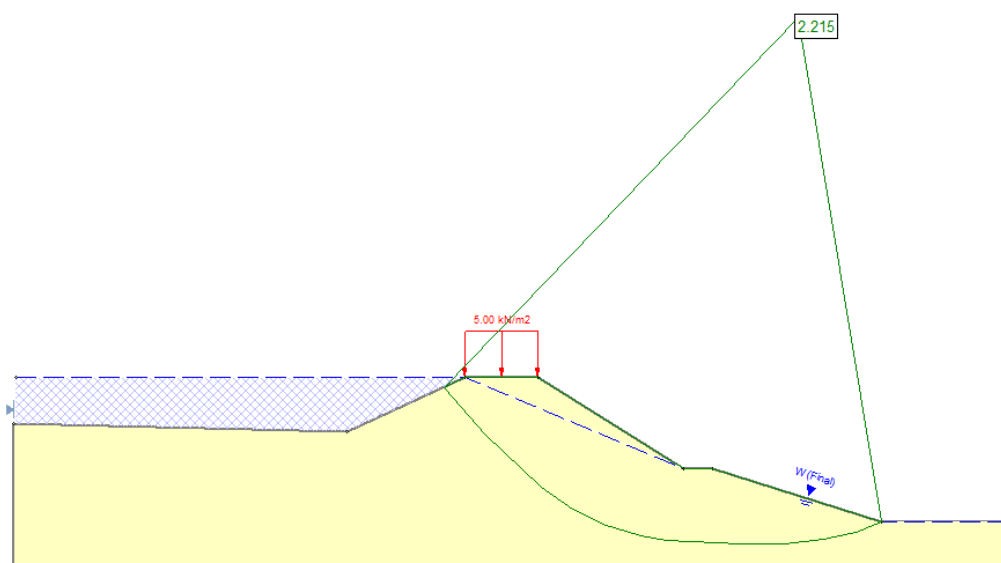
- b) Influência do Nível d'água – Pior situação será quando a Bacia 03 estiver cheia e a Bacia 04 vazia, considerando o solo saturado (Figura 04).
- c) Carga de veículo no topo do Talude – considerado uma carga de 500 kg/m<sup>2</sup>, ou 5,00 kN/m<sup>2</sup>, na via de serviço no topo do talude da Bacia 03 (Figura 04).



**Figura 04 – Cenário crítico de estabilidade dos taludes das Bacias de Amortecimento**

| Material Name  | Color                                                                               | Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> ) | Strength Type | Cohesion (kN/m <sup>2</sup> ) | Phi | Rapid Drawdown (RD) Undrained Strength | RD Envelope Type      | Water Surface | Ru |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------------------------|-----|----------------------------------------|-----------------------|---------------|----|
| Argila Arenosa |  | 17                               | Mohr-Coulomb  | 16                            | 42  | No                                     | Total stress R linear | None          | 0  |

**Figura 05 – Propriedade dos solos conforme SPT**



**Figura 06 – Cunha de cisalhamento crítica para o solo saturado não drenado – lado direito**

- FS segundo GLE/Morgenstern Price = 2,21.
- FS segundo Spencer = 2,21.

#### **4.6**     *INTERPRETAÇÃO DOS DADOS DE ESTABILIDADE OBTIDOS*

Os dados de estabilidade obtidos ficaram com fator de segurança de acordo com os métodos determinísticos, acima de **1,5**.

Vale ressaltar que o critério de nível d'água adotado nos dimensionamentos foram bem rígido, com níveis de rebaixamento rápido da Bacia 04, em curto período de tempo, de forma que o solo permaneça saturado sem o empuxo externo.

## 5 CONCLUSÃO

O presente relatório constitui a síntese do desenvolvimento do referido estudo onde é apontado as principais características relevantes de estabilidade de taludes, sempre se apoiando nas normas vigentes e utilizando de modernos programas computacionais para se obter resultados precisos.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que os taludes das Bacias de Amortecimento da ADE estão estáveis.

Como recomendação, é necessário manutenção periódica das bacias, com retirada da vegetação em excesso nos taludes, na crista e no fundo, pois podem provocar o raizamento profundo e o surgimento de canais preferenciais de percolação de água. Também, devem ser realizadas vistorias periódicas para acompanhamento do estado geral das bacias, buscando prevenir o início de processos erosivos nos taludes.

As manutenções de limpeza devem acontecer antes do início do período das chuvas e as vistorias devem ocorrer uma vez por mês neste mesmo período e toda vez logo após de um evento de chuva intenso na região.

## **6 ANEXO I –ESTUDOS GEOTÉCNICOS**

# Estudos Geotécnicos –Sondagens e Ensaios para Embasar os Estudos de Drenagem Pluvial e de Análise de Estabilidade de Talude – Bacia 01 e Bacia 02 – ADE Centro Norte-Ceilândia/DF.

**SONDAGENS-ENSAIOS**

**VOLUME 01**

BRASÍLIA – DF

ABRIL – 2020.

## RELAÇÃO DE FIGURAS

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Imagem do Google da área onde estão localizadas as Bacias de Amortecimento e a ADE Centro Norte. ....                    | 5  |
| Figura 2: Localização dos ensaios de campo realizados na áreas das Bacias de Amortecimento. ....                                   | 6  |
| Figura 3: Localização do ensaio SPT 02 – ADE Centro Norte.....                                                                     | 8  |
| Figura 4: Localização do ensaio SPT 03 – ADE Centro Norte.....                                                                     | 9  |
| Figura 5: Localização do ensaio SPT 05 – ADE Centro Norte.....                                                                     | 9  |
| Figura 6: Localização de coleta da amostra indeformada – Bacias de Amortecimento – Barramento da Bacia 02 - ADE Centro Norte. .... | 14 |

## RELAÇÃO DE TABELAS

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Relação, Profundidade Impenetrável x Nível D'água das sondagens SPT.....               | 11 |
| Tabela 2: Coesão dos Solos Argilosos, segundo Alonso (1983).....                                 | 11 |
| Tabela 3: Ângulo de atrito para Solos Arenosos, segundo Alonso (1983). ....                      | 12 |
| Tabela 4: Relação, Profundidade Ensaída x Taxa de Infiltração. ....                              | 13 |
| Tabela 5: Resultados obtidos no ensaio de cisalhamento direto na Bacia de Amortecimento 02. .... | 14 |
| Tabela 6: Resumo dos resultados dos ensaios de caracterização, compactação e CBR.....            | 16 |

## SUMÁRIO

|          |                                                                    |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO.....</b>                       | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>SERVIÇOS GEOTÉCNICOS EXECUTADOS .....</b>                       | <b>6</b>  |
| <b>3</b> | <b>RESULTADOS DOS ENSAIOS.....</b>                                 | <b>7</b>  |
| 3.1      | Resultado das Sondagens à Percussão (SPT) .....                    | 8         |
| 3.2      | Resultado dos Ensaios de Infiltração .....                         | 12        |
| 3.3      | Resultado dos Ensaios de Cisalhamento Direto e de Adensamento..... | 13        |
| 3.4      | Resultado dos ensaios de Caracterização .....                      | 15        |
| <b>4</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                   | <b>17</b> |
| <b>5</b> | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                           | <b>18</b> |
| <b>6</b> | <b>ANEXOS.....</b>                                                 | <b>18</b> |

# 1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O presente relatório apresenta os estudos de geotecnia realizados na área onde estão instaladas as Bacias de Amortecimento da ADE Centro Norte, em Ceilândia/DF. É destinado ao embasamento dos estudos de drenagem pluvial para as Bacias 01 a 04 e de estabilidade de taludes das Bacias de Amortecimento 01 e 02.

A seguir, nas Figura 01 e 02, podemos visualizar de forma mais precisa, por meio de imagem do Google, a área objeto de estudo e a localização dos pontos de ensaio.

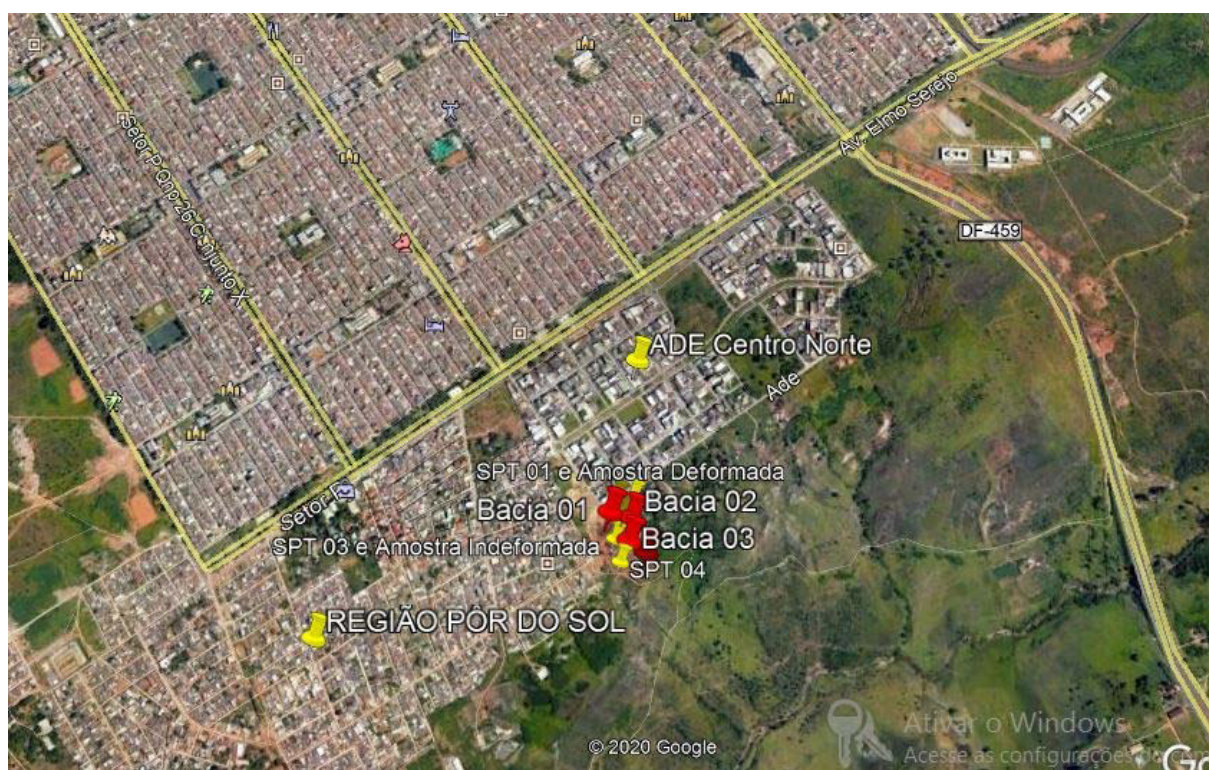


Figura 1: Imagem do Google da área onde estão localizadas as Bacias de Amortecimento e a ADE Centro Norte.



Figura 2: Localização dos ensaios de campo realizados na áreas das Bacias de Amortecimento.

## 2 SERVIÇOS GEOTÉCNICOS EXECUTADOS

Este trabalho tem por objetivo a investigação do solo, de tal forma que se obtenham as informações necessárias para a caracterização do solo e que permitam fundamentar a elaboração de projetos de drenagem pluvial e de estabilidade de taludes para as Bacias de Amortecimento 01 e 02.

Os estudos geotécnicos desta etapa consistiram na execução dos seguintes ensaios e sondagens durante o meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2020. A seguir são apresentados um resumos dos serviços e suas quantidades:

- 05 sondagens a percussão (SPT);
- 06 ensaios de infiltração, em várias profundidades do furo de SPT 05;

- 02 ensaios de adensamento oedométrico, sendo um na condição natural e o outro inundado desde o início dos estágios de carregamento;
- 03 ensaios de cisalhamento direto para obtenção da curva;
- 02 conjuntos de ensaios para caracterização de material, sendo um no local do SPT 01 e o outro no local do SPT 03;
- 02 conjuntos de ensaios granulometria por peneiramento e por sedimentação, sendo um no local do SPT 01 e o outro no local do SPT 03.

Informamos que os ensaios de infiltração foram realizados a medida que o ensaio de SPT 05 avançava, sendo executados ensaios nas profundidades de 2,45m; 3,45m; 4,45m; 5,45m; 6,45m e 7,22m (final do ensaio).

No local do SPT 01 também foi coletada amostra para a realização dos ensaios de caracterização, de compactação, de expansão e de CBR. Tal procedimento também foi adotado para o local do SPT 03.

Ademais, no local que foi executado o SPT 03, foi escavado um poço e coleta uma amostra indeformada para a realização dos ensaios de cisalhamento direto e de adensamento duplo oedométrico, sendo um na condição natural e o outro inundado.

Com relação ao local de execução dos ensaios de SPT, informamos que os SPT 01 a 03 e o SPT 05 foram executados na crista do barramento e o SPT 04 em local externos às Bacias de Amortecimento, ou seja, em terreno natural. No local do SPT 04 já existe uma pequena erosão, sendo que o material superficial tem características arenosas.

### 3 RESULTADOS DOS ENSAIOS

---

A seguir traremos um resumo dos resultados encontrados em cada tipo de ensaio realizado, informando os principais detalhes observados, como presença de nível d'água, profundidade que se atingiu o impenetrável e outras características importantes.

### 3.1 Resultado das Sondagens à Percussão (SPT)

Estão descritas a seguir as sondagens SPT executadas para atender aos projetos de drenagem pluvial e de estabilidade de taludes. Em anexo apresentamos o Boletim de Sondagem à percussão dos 05 ensaios executados. Salietamos que nas sondagens SPT, o término da sondagem ocorreu quando o número de golpes necessários para penetrar um intervalo de 15 cm do amostrador padrão é maior do que 30.

A título ilustrativo, mostramos nas Figuras 03 a Figura 05 a localização dos ensaios de SPT 02, SPT 03 e SPT 05, respectivamente para os locais das Bacias de Amortecimento.



Figura 3: Localização do ensaio SPT 02 – ADE Centro Norte.

O ensaio acima (SPT 02) foi executado na crista do barramento e próximo ao talude da Bacia 01, conforme Figura 02. À visão ao fundo, percebemos grande quantidade de vegetação dentro e no talude da Bacia 01.



Figura 4: Localização do ensaio SPT 03 – ADE Centro Norte.

O ensaio de SPT 03 foi executado na crista do barramento, entre as Bacias 02 e 03, e está localizado próximo do extravasor da Bacia 02. Constatamos pela foto acima que existe muita vegetação dentro da Bacia, nos taludes e também na crista do barramento.



Figura 5: Localização do ensaio SPT 05 – ADE Centro Norte.

Este ensaio, SPT 05, foi executado na crista do barramento, entre as Bacias 01 e 02, e está localizado próximo do extravasor da Bacia 01. Também observamos a presença de vegetação dentro da Bacia, nos taludes e na crista do barramento.

Para a sondagem SPT 01, executada na crista de coroamento, e na lateral da Bacia 01, constatamos que esta apresenta consistência e compacidade crescente à medida em que o ensaio avança com a profundidade, variando de MÉDIA a MUITO COMPACTA, sendo que o impenetrável ocorreu com 4,33m. Neste ensaio o nível d'água foi encontrado aos 2,52m.

Na sondagem SPT 02, executada na crista do barramento e entre a rua existente e a Bacia 01, verificamos que a compacidade avança de COMPACTA a MUITO COMPACTA e é crescente com o avanço da profundidade, estando o nível d'água na profundidade de 2,88m. Para este ponto o impenetrável deu-se com 4,36m.

O ensaio de SPT 03, realizado na crista da barragem e entre as Bacias 02 e 03, está próximo do vertedouro da Bacia 02. Averiguamos que apresenta consistência RIJA até os 3,0m e na sequência compacidade crescente que varia de COMPACTA a MUITO COMPACTA. O impenetrável ocorre na profundidade de 6,35m e o nível d'água está à 2,47m.

Com relação ao SPT 04, está fora da área das Bacias de Amortecimento e foi executado no local em que ocorre uma pequena erosão, apresenta compacidade muita alta, sendo classificada como MUITO COMPACTA e com impenetrável aos 2,40m. O nível d'água é raso e está à 0,23m.

Quanto ao SPT 05, realizado na crista da barragem e entre as Bacias 01 e 02, está próximo do extravasor da Bacia 01. Este apresenta consistência crescente até 2,45m e depois uma queda até a profundidade de 5,0m, variando de MOLE a RIJA e depois de RIJA à MÉDIA, respectivamente. A partir dos 5,0m ganha resistência e sua consistência e compacidade passa a ser DURA e MUITO COMPACTA. O impenetrável ocorre com 7,22m e o nível d'água ocorre aos 3,37m.

Salientamos que nos Laudos de Sondagem, anexos, podemos observar as datas de realização dos ensaios, a profundidade do impenetrável e de ocorrência do lençol freático e a descrição

táctil visual dos materiais. Assim como o fuso e as coordenadas de cada ponto ensaiado. A seguir, na Tabela 01, visualizamos as datas de execução dos ensaios e as profundidades de ocorrência do impenetrável e do nível d'água verificado.

**Tabela 1: Relação, Profundidade Impenetrável x Nível D'água das sondagens SPT.**

| Sondagem | Data de Ensaio | Profundidade Impenetrável (m) | N.A. (m) | Local                                                        |
|----------|----------------|-------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------|
| SPT 01   | 16/01/2020     | 4,33                          | 2,52     | ADE Centro Norte –<br>Ceilândia – Bacias de<br>Amortecimento |
| SPT 02   | 21/02/2020     | 4,36                          | 2,88     |                                                              |
| SPT 03   | 21/02/2020     | 6,35                          | 2,47     |                                                              |
| SPT 04   | 21/02/2020     | 2,40                          | 0,23     |                                                              |
| SPT 02   | 15/04/2020     | 7,22                          | 3,37     |                                                              |

Na Tabela 2 temos o Anexo A da NBR 6484/2001 com os estados de compacidade e de consistência para solos em função do Índice de Resistência à Penetração “N” obtido nos ensaios de SPT e a estimativa de coesão em solos argilosos, segundo Alonso (1983).

**Tabela 2: Coesão dos Solos Argilosos, segundo Alonso (1983).**

| Argilas    | Nspt    | C(KPa)    |
|------------|---------|-----------|
| Muito Mole | < 2     | < 10      |
| Mole       | 2 a 4   | 10 a 25   |
| Média      | 4 a 8   | 25 a 30   |
| Rija       | 8 a 15  | 50 a 100  |
| Muito Rija | 15 a 30 | 100 a 200 |
| Dura       | >30     | >200      |

Na Tabela 03, para solos arenosos, temos as seguintes estimativas de ângulos de atrito, segundo Alonso (1983).

Tabela 3: Ângulo de atrito para Solos Arenosos, segundo Alonso (1983).

| Areia                 | Compacidade Relativa, Dr | Nspt    | $\phi(^{\circ})$ |
|-----------------------|--------------------------|---------|------------------|
| Fofa                  | < 0,2                    | < 4     | < 310            |
| Pouco Compacta        | 0,2 a 0,4                | 4 a 10  | 30 a 35          |
| Medianamente Compacta | 0,4 a 0,6                | 10 a 30 | 35 a 40          |
| Compacta              | 0,6 a 0,8                | 30 a 50 | 40 a 45          |
| Muito Compacta        | >0,8                     | >50     | >45              |

### 3.2 Resultado dos Ensaios de Infiltração

Os 06 (seis) ensaios de infiltração foram realizados no furo SPT 05, a partir da profundidade de 2,45m e aproximadamente a cada 1,00 metros de avanço na sondagem. Para a execução destes ensaios, parte da profundidade do furo era revestida com a tubulação externa dos tubos da sondagem de SPT e a altura que infiltra quando da realização do ensaio inicia a partir do término desta tubulação até o fundo da sondagem, conforme pode ser visto nas Planilhas do ensaios de infiltração, anexas. Salientamos que os pontos de ensaio nas profundidade de 2,45m e 3,45m foram realizados acima do nível d'água de 3,37m, quanto aos demais ensaios, executados na condição abaixo do nível d'água.

Os resultados dos ensaios de infiltração mostram que o solo apresentou valores de estabilização da taxa de infiltração variando entre  $3,80 \times 10^{-5}$  cm/s e  $5,44 \times 10^{-6}$  cm/s para a profundidade de 2,45m e 7,22m, respectivamente. A seguir, na Tabela 04, verificamos as profundidades ensaiadas e os resultados da taxa de infiltração.

Tabela 4: Relação, Profundidade Ensaada x Taxa de Infiltração.

| Sondagem | Data de Ensaio | Profundidade Ensaada (m) | Taxa de Infiltração (cm/s) | Local                                                        |
|----------|----------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| SPT 05   | 15/04/2020     | 2,45                     | $3,80 \times 10^{-5}$      | ADE Centro Norte –<br>Ceilândia – Bacias de<br>Amortecimento |
|          |                | 3,45                     | $1,57 \times 10^{-5}$      |                                                              |
|          |                | 4,45                     | $1,34 \times 10^{-5}$      |                                                              |
|          |                | 5,45                     | $1,33 \times 10^{-5}$      |                                                              |
|          |                | 6,45                     | $9,00 \times 10^{-6}$      |                                                              |
|          |                | 7,22                     | $5,44 \times 10^{-6}$      |                                                              |

### 3.3 Resultado dos Ensaios de Cisalhamento Direto e de Adensamento

Os ensaios de cisalhamento direto foram realizados na condição inundada em uma amostra indeformada coletada na profundidade de 1,25m e no mesmo local do ensaio de SPT 03, conforme Figura 06. Inicialmente foi aplicada a carga vertical e aguardado a estabilização das deformações verticais e na sequência iniciada a fase de cisalhamento da amostra.



Figura 6: Localização de coleta da amostra indeformada – Bacias de Amortecimento – Barramento da Bacia 02 - ADE Centro Norte.

A seguir apresentaremos os resultados referentes aos pontos de tensão cisalhante obtidos em cada ensaio e os resultado de coesão e ângulo de atrito determinados. Para a obtenção destes valores, foram utilizadas pressões normais de 50, 100 e 200 kPa.

Tabela 5: Resultados obtidos no ensaio de cisalhamento direto na Bacia de Amortecimento 02.

| Bacias de Amortecimento - ADE Centro Norte |                                           |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| MÁXIMAS TENSÕES DE CISALHAMENTO OBTIDAS    |                                           |
| TENSÃO NORMAL (kgf/cm <sup>2</sup> )       | TENSÃO CISALHANETE (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| 0,50                                       | 0,626                                     |
| 1,00                                       | 1,039                                     |
| 2,00                                       | 1,981                                     |
| Coeficientes                               |                                           |
| Coesão - c (kgf/cm <sup>2</sup> )          | 0,16                                      |
| Ângulo de Atrito - $\phi$ (°)              | 42,26                                     |

Como pode ser observado acima, o valor de coesão encontrado para a amostra indeformada coletada na Bacia de Amostramento 02, no mesmo local da sondagem SPT 03, foi de 0,16 kgf/cm<sup>2</sup> e ângulo de atrito de 42,26°.

Para os ensaios de adensamento, tanto na condição natural quanto na inundada, as amostras sofreram estágios de carregamento nas pressões de 25kPa, 50kPa, 100kPa e 200kPa e na sequência descarregamentos para as pressões de 100kPa e 25kPa.

Visualizando os resultados apresentados na planilhas de ensaios anexas, podemos concluir que as amostras ensaiadas nas pressões submetidas não se apresentaram susceptíveis ao colapso. Vale ressaltar que cabe ao projetista analisar se os estes resultados com as pressões a que o terreno estará submetido em campo.

### 3.4 Resultado dos ensaios de Caracterização

Para os locais das sondagens SPT 01 e SPT 03 foram coletadas amostras deformadas e realizados os ensaios de caracterização, de compactação, de expansão e de CBR.

As granulometrias por peneiramento com sedimentação permitem o conhecimento da textura e da dimensão dos grãos e do percentual das argilas e dos siltes. Além disso, quando conhecemos o comportamento das forças de sucção em função de curvas características conhecidas, a granulometria por sedimentação permite por analogia o conhecimento destas forças.

Já os limites de liquidez e de plasticidade propiciam o conhecimento do comportamento da parte dos solos finos da amostra com a variação de umidade, sendo possível observar o grau de consistência e a plasticidade dos solos finos que compõem a amostra.

A seguir, na Tabela 06 visualizamos os resultados dos ensaios de granulometria, de limites, de compactação e de CBR. Os resultados mostram que os solos analisados ficam retido um percentual na peneira nº 10, sendo que o percentual passante nesta peneira está no intervalo de 77,0 a 95,4, isto mostra que se tratam de solos que apresentam na sua constituição a presença de pedregulho.

Quando analisamos as granulometrias por peneiramento com sedimentação para os materiais coletados na amostra indeformada próxima do SPT 03 e para a amostra deformada próxima do SPT 01, verificamos que do material que sedimenta predomina a argila em relação ao silte.

Com relação aos índices físicos de limites de liquidez e de plasticidade, verificamos que os limites de liquidez são de 21,9 e 15,0% para as amostras 01 e 02, respectivamente. Com relação ao limite de plasticidade não foi possível a sua determinação em função da característica arenosa das amostras, isto faz com que se tratem de solos de baixa plasticidade.

Nas amostras deformadas também foram realizados os ensaios de compactação para conhecermos os parâmetros de compactação ótima destes solos e medir a massa específica máxima compactada seca. Salientamos que as amostras foram compactadas na energia Proctor Normal.

Para os ensaios de compactação e de CBR, amostras 01 e 02, observamos que a umidade ótima de compactação é de 17,1% e 15,0% e também não apresentam expansão, características de solos areno-argilosos com presença de predegulho na sua constituição. Tal fato é condizente quando se analisa os resultados de peso específico compacto seco máximo, que está na ordem de 1741 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabela 6: Resumo dos resultados dos ensaios de caracterização, compactação e CBR.**

| BACIA DE AMORTECIMENTO | AMOSTRA DEFORMADA | PROF. DE COLETA | ÍNDICES FÍSICOS |      | GRANULOMETRIA                   |       |        | ENSAIO DE COMPACTAÇÃO |                      | ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (CBR) |      |
|------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|------|---------------------------------|-------|--------|-----------------------|----------------------|------------------------------------|------|
|                        |                   |                 |                 |      | MATERIAL QUE PASSA NAS PENEIRAS |       |        | LABORATÓRIO           |                      |                                    |      |
|                        |                   |                 | L.L             | I.P. | Nº 10                           | Nº 40 | Nº 200 | Hot.                  | Massa esp. Seca max. | Exp.                               | ISC  |
|                        |                   | m               | %               | %    | %                               | %     | %      | %                     | g/cm³                | %                                  | %    |
| 01                     | Prox. Do SPT 01   | 1,20            | 21,9            | NP   | 77,0                            | 75,5  | 36,5   | 17,1                  | 1727                 | 0,0                                | 11,5 |
| 02                     | Prox. Do SPT 03   | 1,25            | 15,0            | NP   | 95,4                            | 94,7  | 45,8   | 15,2                  | 1756                 | 0,0                                | 12,0 |

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A vegetação em excesso nos taludes e na crista do barramento, conforme Figuras 03 a 05, pode provocar o raizamento profundo e o surgimento de canais preferenciais de percolação de água. Tal fato, no nosso entendimento, deve ser corrigido imediatamente e com manutenção periódica, visando melhorar as condições de segurança das Bacias de Amortecimento.

De modo geral os resultados dos ensaios de SPT mostram que o solo apresenta boa resistência e crescente com a profundidade, exceto para o ensaio SPT 05, localizado na Bacia 01, constatamos que ao longo da profundidade em alguns pontos a consistência é um pouco decrescente com o avanço da profundidade. Tal fato merece uma acurácia e deve ser compatibilizado, se possível, para definir a interseção entre o corpo da barragem e sua fundação.

Considerando esta informação em conjunto com o perfil do terreno, uma das possibilidades é que a análise de estabilidade de taludes seja feita em horizontes estratigráficos distintos. Sendo adotado parâmetros para cada horizonte em função do tipo de material, compacidade e da faixa do número N. Tais informações podem ser complementadas com os resultados dos ensaios de infiltração realizados ao longo da profundidade, no ensaios de SPT, e das informações obtidas dos ensaios de caracterização, compactação, expansão e CBR. De fundamental importância, também compatibilizar estas informações com os resultados dos ensaios de adensamento e de cisalhamento direto.

Sugerimos que tais informações sejam avaliadas pelos projetistas de suas respectivas áreas, ou seja, de fundação, de estabilidade de taludes, de drenagem pluvial ou de geometria, para a concepção final do estudo.

## 5 REFERÊNCIAS

---

PDDU/DF, Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal. Distrito Federal, Secretaria de Estado de Obras – 2009.

Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT.

*Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions* – ASTM D3080.

Ensaio de permeabilidade em solos: orientações para sua execução no campo – ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental.

Termo de Referência da NOVACAP para Elaboração de Projetos de Drenagem Pluvial, 2012.

VARGAS, M. “Introdução à Mecânica dos Solos”. McGRAW -HILL do Brasil. São Paulo, 1978.

## 6 ANEXOS

---

## Anexo 01 - Resultados dos Ensaios de Caracterização, de Compactação e CBR.

**ENSAIO DE GRANULOMETRIA COM SEDIMENTAÇÃO - COM DEFLOCULANTE**

|          |                                     |           |                              |                  |
|----------|-------------------------------------|-----------|------------------------------|------------------|
| Amostra: | Amostra Deformada (Local do SPT 01) | Local:    | ADE Centro Norte - Ceilândia |                  |
| Cliente: | Topocart                            | Operador: | Francisco                    | Data: 29/01/2020 |

| Umidade higroscópica                             |       |        |       | Massa específica dos grãos # 2mm                 |        |                  |        |
|--------------------------------------------------|-------|--------|-------|--------------------------------------------------|--------|------------------|--------|
| Capsula N°                                       | 68    | 4      | 22    | Picnômetro N°                                    | 4      | 9                | 10     |
| tara (g)                                         | 11,94 | 11,69  | 12,01 | Temperatura (°C)                                 | 24,2   | 24,2             | 24,2   |
| tara + SH (g)                                    | 79,82 | 77,90  | 75,01 | Pic. + água (g)                                  | 636,00 | 414,65           | 424,99 |
| tara + SS (g)                                    | 78,34 | 76,44  | 73,64 | Pic.+água+solo(g)                                | 666,87 | 445,48           | 455,78 |
| Umidade (%)                                      | 2,23  | 2,25   | 2,22  | Amostra (g)                                      | 50,30  | 50,05            | 50,03  |
|                                                  |       | w (%): | 2,24  | G ( g/cm <sup>3</sup> )                          | 2,68   | 2,69             | 2,69   |
|                                                  |       |        |       |                                                  |        | G <sub>s</sub> : | 2,69   |
| Massa da amostra seca ao ar M <sub>t</sub> (g) = |       |        | 700,0 | Massa total da amostra seca M <sub>s</sub> (g) = |        |                  | 688,2  |

| Peneiramento Grosso |              |                |                    |                      |
|---------------------|--------------|----------------|--------------------|----------------------|
| Peneira             | Abertura(mm) | Solo retido(g) | Solo ret. acum.(g) | % material que passa |
| 2"                  | 50,8         | 0,00           | 0,00               | 100,0                |
| 1 1/2"              | 38,1         | 0,00           | 0,00               | 100,0                |
| 1"                  | 25,4         | 0,00           | 0,00               | 100,0                |
| 3/4"                | 19,1         | 0,00           | 0,00               | 100,0                |
| 3/8"                | 9,5          | 11,26          | 11,26              | 98,4                 |
| 4                   | 4,76         | 45,92          | 57,18              | 91,7                 |
| 10                  | 2,00         | 100,93         | 158,11             | 77,0                 |

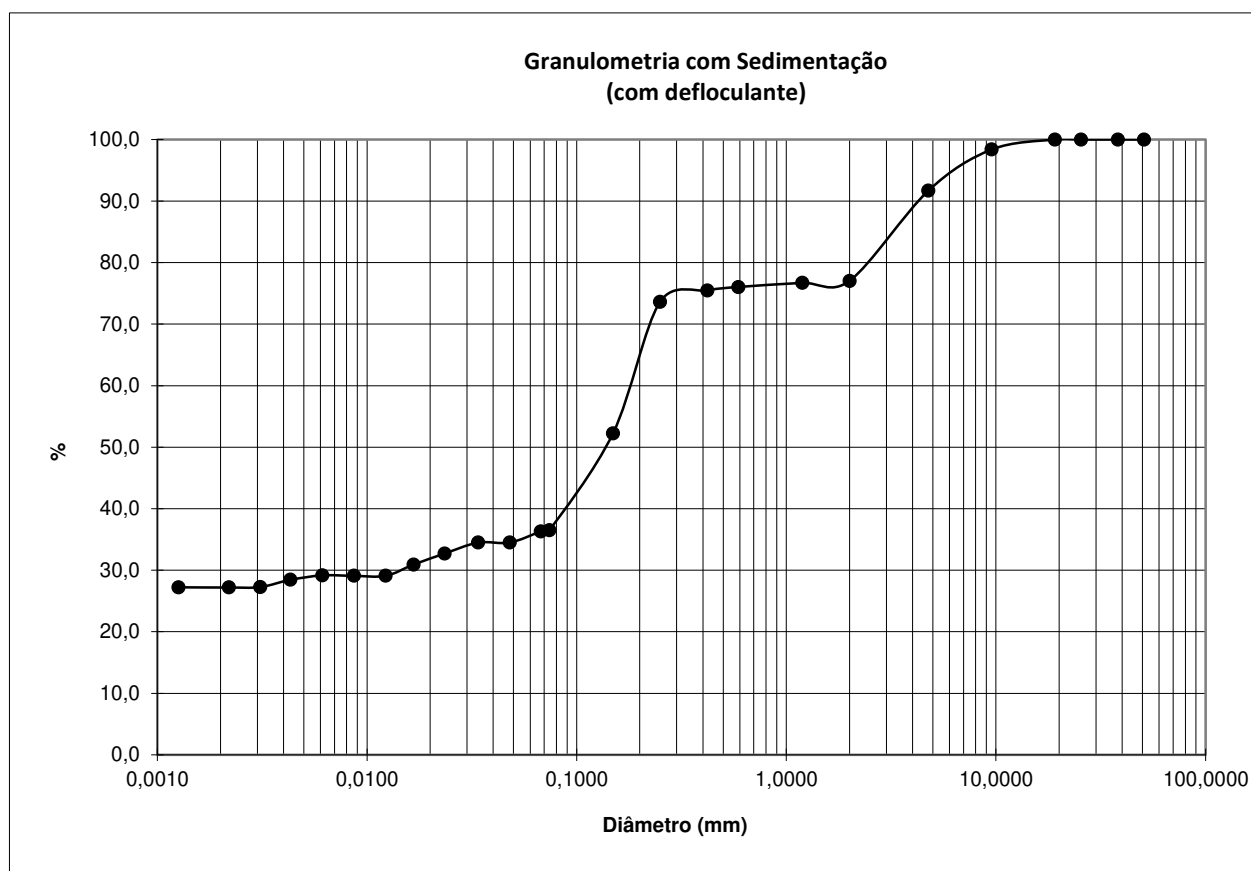
| Peneiramento Fino |              |                |                    |                      |
|-------------------|--------------|----------------|--------------------|----------------------|
| Peneira           | Abertura(mm) | Solo retido(g) | Solo ret. acum.(g) | % material que passa |
| 16                | 1,19         | 0,29           | 0,29               | 76,7                 |
| 30                | 0,59         | 0,59           | 0,88               | 76,0                 |
| 40                | 0,42         | 0,50           | 1,38               | 75,5                 |
| 60                | 0,25         | 1,64           | 3,02               | 73,6                 |
| 100               | 0,149        | 19,03          | 22,05              | 52,2                 |
| 200               | 0,074        | 14,02          | 36,07              | 36,5                 |

| SEDIMENTAÇÃO                                                                |           |            |           |            |        |                     |        |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-----------|------------|--------|---------------------|--------|
| Massa do material úmido submetido à sedimentação <b>M<sub>h</sub></b> (g) = |           |            |           |            | 70,06  | Densímetro N°:34351 |        |
| tempo                                                                       | tempo (s) | temp. (°C) | L (g/cm³) | Ld (g/cm³) | a (cm) | QS (%)              | d (mm) |
| 30 s                                                                        | 30        | 23,4       | 1,017     | 0,9967     | 13,5   | 36,3                | 0,0673 |
| 1 min.                                                                      | 60        | 23,4       | 1,016     | 0,9967     | 13,6   | 34,5                | 0,0479 |
| 2 min.                                                                      | 120       | 23,4       | 1,016     | 0,9967     | 13,6   | 34,5                | 0,0339 |
| 4 min.                                                                      | 240       | 23,4       | 1,015     | 0,9967     | 13,0   | 32,7                | 0,0234 |
| 8 min.                                                                      | 480       | 23,4       | 1,014     | 0,9967     | 13,2   | 30,9                | 0,0167 |
| 15 min.                                                                     | 900       | 23,3       | 1,013     | 0,9967     | 13,4   | 29,1                | 0,0123 |
| 30 min.                                                                     | 1800      | 23,3       | 1,013     | 0,9967     | 13,4   | 29,1                | 0,0087 |
| 1 h                                                                         | 3600      | 23,5       | 1,013     | 0,9967     | 13,4   | 29,2                | 0,0061 |
| 2 h                                                                         | 7200      | 24,0       | 1,013     | 0,9966     | 13,5   | 28,4                | 0,0043 |
| 4 h                                                                         | 14400     | 23,2       | 1,012     | 0,9968     | 13,5   | 27,3                | 0,0031 |
| 8 h                                                                         | 28800     | 23,0       | 1,012     | 0,9968     | 13,5   | 27,2                | 0,0022 |
| 24 h                                                                        | 86400     | 23,1       | 1,012     | 0,9968     | 13,5   | 27,2                | 0,0013 |

| d (mm) | % mat. pass. | % mat.ret. | MATERIAL                  | % do material |
|--------|--------------|------------|---------------------------|---------------|
| 50,80  | 100,0        | 0,0        | 20<Pedregulho grosso<60   | 0,0           |
| 38,10  | 100,0        | 0,0        |                           |               |
| 25,40  | 100,0        | 0,0        |                           |               |
| 19,10  | 100,0        | 0,0        | 6,0<Pedregulho médio<20,0 | 6,6           |
| 9,52   | 98,4         | 1,6        |                           |               |
| 4,76   | 91,7         | 8,3        |                           |               |
| 2,00   | 77,0         | 23,0       | 2,0<Pedregulho fino<6,0   | 16,4          |
| 1,190  | 76,7         | 23,3       | 0,60<Areia grossa<2,0     | 1,0           |
| 0,590  | 76,0         | 24,0       | 0,20<Areia média<0,6      | 13,0          |
| 0,420  | 75,5         | 24,5       |                           |               |
| 0,250  | 73,6         | 26,4       |                           |               |
| 0,149  | 52,2         | 47,8       | 0,06< Areia fina <0,20    | 27,4          |
| 0,074  | 36,5         | 63,5       |                           |               |
| 0,0673 | 36,3         | 63,7       |                           |               |
| 0,0479 | 34,5         | 65,5       | 0,002 < Silte < 0,06      | 8,4           |
| 0,0339 | 34,5         | 65,5       |                           |               |
| 0,0234 | 32,7         | 67,3       |                           |               |
| 0,0167 | 30,9         | 69,1       |                           |               |
| 0,0123 | 29,1         | 70,9       |                           |               |
| 0,0087 | 29,1         | 70,9       |                           |               |
| 0,0061 | 29,2         | 70,8       |                           |               |
| 0,0043 | 28,4         | 71,6       |                           |               |
| 0,0031 | 27,3         | 72,7       |                           |               |
| 0,0022 | 27,2         | 72,8       |                           |               |
| 0,0013 | 27,2         | 72,8       | Argila < 0,002            | 27,2          |

\* ABNT - NBR 6502, Rochas e Solos - setembro 1995 ( unidade em mm)

100,0



**ENSAIO DE GRANULOMETRIA COM SEDIMENTAÇÃO - COM DEFLOCULANTE**

|          |                                       |           |                              |                  |
|----------|---------------------------------------|-----------|------------------------------|------------------|
| Amostra: | Amostra Indeformada (Local do SPT 03) | Local:    | ADE Centro Norte - Ceilândia |                  |
| Cliente: | Topocart                              | Operador: | Francisco                    | Data: 14/04/2020 |

| Umidade higroscópica                             |       |        |       | Massa específica dos grãos # 2mm                 |        |                  |        |
|--------------------------------------------------|-------|--------|-------|--------------------------------------------------|--------|------------------|--------|
| Capsula N°                                       | 165   | 169    | 121   | Picnômetro N°                                    | 8      | 15               | 16     |
| tara (g)                                         | 14,59 | 13,16  | 12,86 | Temperatura (°C)                                 | 22,5   | 22,5             | 25,2   |
| tara + SH (g)                                    | 77,76 | 77,52  | 74,95 | Pic. + água (g)                                  | 404,90 | 414,41           | 425,35 |
| tara + SS (g)                                    | 77,15 | 76,82  | 74,29 | Pic.+água+solo(g)                                | 436,13 | 445,65           | 456,48 |
| Umidade (%)                                      | 0,98  | 1,10   | 1,07  | Amostra (g)                                      | 50,12  | 50,04            | 50,00  |
|                                                  |       | w (%): | 1,05  | G ( g/cm <sup>3</sup> )                          | 2,69   | 2,70             | 2,69   |
|                                                  |       |        |       |                                                  |        | G <sub>s</sub> : | 2,69   |
| Massa da amostra seca ao ar M <sub>t</sub> (g) = |       |        | 801,5 | Massa total da amostra seca M <sub>s</sub> (g) = |        |                  | 793,6  |

| Peneiramento Grosso |              |                |                    |                      |
|---------------------|--------------|----------------|--------------------|----------------------|
| Peneira             | Abertura(mm) | Solo retido(g) | Solo ret. acum.(g) | % material que passa |
| 2"                  | 50,8         | 0,00           | 0,00               | 100,0                |
| 1 1/2"              | 38,1         | 0,00           | 0,00               | 100,0                |
| 1"                  | 25,4         | 0,00           | 0,00               | 100,0                |
| 3/4"                | 19,1         | 0,00           | 0,00               | 100,0                |
| 3/8"                | 9,5          | 7,98           | 7,98               | 99,0                 |
| 4                   | 4,76         | 12,74          | 20,72              | 97,4                 |
| 10                  | 2,00         | 15,63          | 36,35              | 95,4                 |

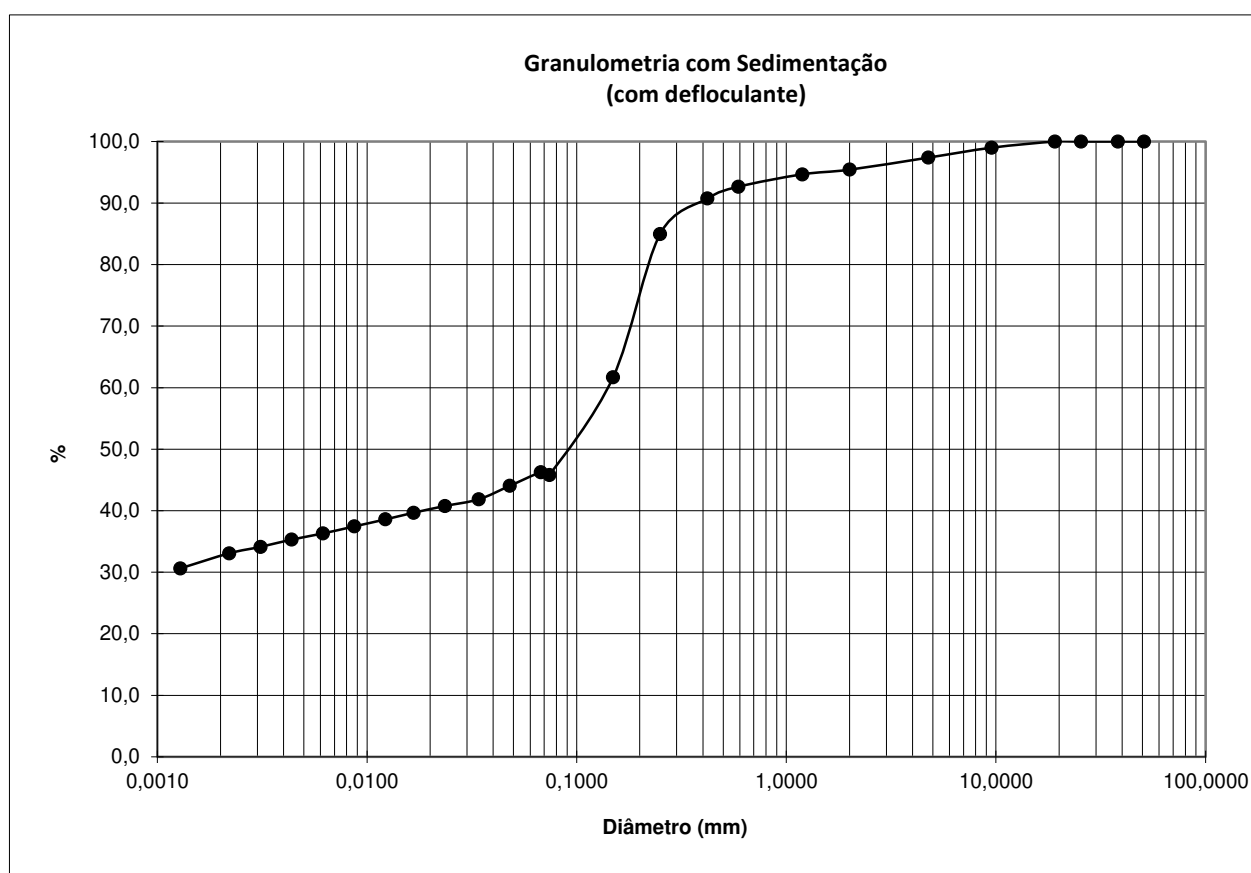
| Peneiramento Fino |              |                |                    |                      |
|-------------------|--------------|----------------|--------------------|----------------------|
| Peneira           | Abertura(mm) | Solo retido(g) | Solo ret. acum.(g) | % material que passa |
| 16                | 1,19         | 0,55           | 0,55               | 94,7                 |
| 30                | 0,59         | 1,47           | 2,02               | 92,6                 |
| 40                | 0,42         | 1,40           | 3,42               | 90,7                 |
| 60                | 0,25         | 4,20           | 7,62               | 85,0                 |
| 100               | 0,149        | 16,99          | 24,61              | 61,7                 |
| 200               | 0,074        | 11,54          | 36,15              | 45,8                 |

| SEDIMENTAÇÃO                                                                |           |            |                        |                         |        |                     |        |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|------------------------|-------------------------|--------|---------------------|--------|
| Massa do material úmido submetido à sedimentação <b>M<sub>h</sub></b> (g) = |           |            |                        |                         | 70,27  | Densímetro N°:34351 |        |
| tempo                                                                       | tempo (s) | temp. (°C) | L (g/cm <sup>3</sup> ) | Ld (g/cm <sup>3</sup> ) | a (cm) | QS (%)              | d (mm) |
| 30 s                                                                        | 30        | 22,8       | 1,018                  | 0,9968                  | 13,3   | 46,2                | 0,0674 |
| 1 min.                                                                      | 60        | 22,8       | 1,017                  | 0,9968                  | 13,5   | 44,0                | 0,0480 |
| 2 min.                                                                      | 120       | 22,8       | 1,016                  | 0,9968                  | 13,6   | 41,9                | 0,0341 |
| 4 min.                                                                      | 240       | 22,8       | 1,016                  | 0,9968                  | 12,9   | 40,8                | 0,0235 |
| 8 min.                                                                      | 480       | 22,8       | 1,015                  | 0,9968                  | 13,0   | 39,7                | 0,0167 |
| 15 min.                                                                     | 900       | 22,8       | 1,015                  | 0,9968                  | 13,1   | 38,6                | 0,0122 |
| 30 min.                                                                     | 1800      | 22,7       | 1,014                  | 0,9969                  | 13,2   | 37,4                | 0,0087 |
| 1 h                                                                         | 3600      | 22,6       | 1,014                  | 0,9969                  | 13,3   | 36,3                | 0,0062 |
| 2 h                                                                         | 7200      | 22,8       | 1,013                  | 0,9968                  | 13,4   | 35,3                | 0,0044 |
| 4 h                                                                         | 14400     | 22,6       | 1,013                  | 0,9969                  | 13,5   | 34,1                | 0,0031 |
| 8 h                                                                         | 28800     | 22,7       | 1,012                  | 0,9969                  | 13,5   | 33,1                | 0,0022 |
| 24 h                                                                        | 86400     | 22,1       | 1,011                  | 0,9970                  | 13,7   | 30,6                | 0,0013 |

| d (mm) | % mat. passa | % mat.ret. | MATERIAL                  | % do material |
|--------|--------------|------------|---------------------------|---------------|
| 50,80  | 100,0        | 0,0        | 20<Pedregulho grosso<60   | 0,0           |
| 38,10  | 100,0        | 0,0        |                           |               |
| 25,40  | 100,0        | 0,0        |                           |               |
| 19,10  | 100,0        | 0,0        | 6,0<Pedregulho médio<20,0 | 2,2           |
| 9,52   | 99,0         | 1,0        |                           |               |
| 4,76   | 97,4         | 2,6        | 2,0<Pedregulho fino<6,0   | 2,4           |
| 2,00   | 95,4         | 4,6        |                           |               |
| 1,190  | 94,7         | 5,3        | 0,60<Areia grossa<2,0     | 2,7           |
| 0,590  | 92,6         | 7,4        | 0,20<Areia média<0,6      | 19,3          |
| 0,420  | 90,7         | 9,3        |                           |               |
| 0,250  | 85,0         | 15,0       |                           |               |
| 0,149  | 61,7         | 38,3       | 0,06< Areia fina <0,20    | 28,0          |
| 0,074  | 45,8         | 54,2       |                           |               |
| 0,0674 | 46,2         | 53,8       |                           |               |
| 0,0480 | 44,0         | 56,0       |                           |               |
| 0,0341 | 41,9         | 58,1       | 0,002 < Silte < 0,06      | 12,9          |
| 0,0235 | 40,8         | 59,2       |                           |               |
| 0,0167 | 39,7         | 60,3       |                           |               |
| 0,0122 | 38,6         | 61,4       |                           |               |
| 0,0087 | 37,4         | 62,6       |                           |               |
| 0,0062 | 36,3         | 63,7       |                           |               |
| 0,0044 | 35,3         | 64,7       |                           |               |
| 0,0031 | 34,1         | 65,9       |                           |               |
| 0,0022 | 33,1         | 66,9       |                           |               |
| 0,0013 | 30,6         | 69,4       |                           |               |
|        |              |            | Argila < 0,002            | 32,5          |

\* ABNT - NBR 6502, Rochas e Solos - setembro 1995 ( unidade em mm)

100,0



## Anexo 02 - Boletim das Sondagens SPT

[illegible]

# LAUDO DE SONDAGEM - SPT

|  |                |                             |                           |            |
|--|----------------|-----------------------------|---------------------------|------------|
|  | Empresa:       | Topocart                    |                           | 21/02/2020 |
|  | Local:         | ADE Centro Norte - Bacia 01 |                           |            |
|  | Obra:          | Estudo drenagem pluvial     | Sondador:                 | Gladson    |
|  | AMOSTRADOR:    | SPT 2'                      | Revestimento:             | 2 1/2'     |
|  | PESO DO PILAO: | 65Kg                        | Altura de queda:          | 75cm       |
|  |                |                             | Comprimento revestimento: |            |

|      |       |      |                   |                    |         |
|------|-------|------|-------------------|--------------------|---------|
| FURO | SP 02 | (N)  | PENETRAÇÃO - cm   | NÍVEL INICIAL (m): | 2,97    |
|      |       | (NA) | NÍVEL D'ÁGUA      | NÍVEL 24h (m):     | 2,88    |
|      |       | (A)  | NUMERO DA AMOSTRA | COORDENADAS:       | 809493  |
|      |       | (PG) | PERFIL GRAFICO    | FUSO 22 L          | 8245107 |
|      |       |      |                   |                    |         |

|    |  | N/30 | A   | Prof (m) | N.A.(m) | CLASSIFICAÇÃO DO SOLO                                                                                           |
|----|--|------|-----|----------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  |  | 39   | /30 | 1        | 1,00    | Areia p/ argilosa, p/ pedregulhosa, variegada, COMPACTA                                                         |
|    |  |      |     |          | 1,45    |                                                                                                                 |
|    |  | 34   | /30 | 2        | 2,00    | Areia p/ argilosa, p/ pedregulhosa, variegada, COMPACTA                                                         |
|    |  |      |     |          | 2,45    |                                                                                                                 |
| 3  |  | 48   | /30 | 3        | 3,00    | Areia p/ argilosa, variegada, MUITO COMPACTA                                                                    |
|    |  |      |     |          | 3,45    |                                                                                                                 |
| 4  |  | 55   | /21 | 4        | 4,00    | Areia p/ argilosa, p/ pedregulhosa, variegada, MUITO COMPACTA                                                   |
|    |  |      |     |          | 4,36    |                                                                                                                 |
| 5  |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |
| 6  |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |
| 7  |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |
| 8  |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |
| 9  |  |      |     |          |         | OBS: Limite da sondagem, penetração interrompida antes de 45 cm, quando um dos segmentos ultrapassar 30 golpes. |
| 10 |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |
| 11 |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |
| 12 |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |
| 13 |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |
| 14 |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |
| 15 |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |
| 16 |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |
| 17 |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |
| 18 |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |
| 19 |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |
| 20 |  |      |     |          |         |                                                                                                                 |

OBS: Término da Sondagem.

# LAUDO DE SONDAGEM - SPT

|  |                |                                         |                           |
|--|----------------|-----------------------------------------|---------------------------|
|  | Empresa:       | Topocart                                |                           |
|  | Local:         | ADE Centro Norte - Entre Bacias 02 e 03 | 21/02/2020                |
|  | Obra:          | Estudo drenagem pluvial                 | Sondador: Evânio          |
|  | AMOSTRADOR:    | SPT 2"                                  | Revestimento: 2 1/2"      |
|  | PESO DO PILAO: | 65Kg                                    | Altura de queda: 75cm     |
|  |                |                                         | Comprimento revestimento: |

|      |       |      |                   |                    |         |
|------|-------|------|-------------------|--------------------|---------|
| FURO | SP 03 | (N)  | PENETRAÇÃO - cm   | NÍVEL INICIAL (m): | 2,63    |
|      |       | (NA) | NÍVEL D'ÁGUA      | NÍVEL 24h (m):     | 2,47    |
|      |       | (A)  | NUMERO DA AMOSTRA | COORDENADAS:       | 809475  |
|      |       | (PG) | PERFIL GRAFICO    | FUSO 22 L          | 8244989 |
|      |       |      |                   |                    |         |

|    |    | N/30   | A | Prof (m)     | N.A.(m) | CLASSIFICAÇÃO DO SOLO                                                                                           |
|----|----|--------|---|--------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 1  | 15 /30 | 1 | 1,00<br>1,45 |         | Argila arenosa p/ pedregulhosa, vermelha, RIJA                                                                  |
|    | 2  | 14 /30 | 2 | 2,00<br>2,45 |         | Argila arenosa p/ pedregulhosa, vermelha, RIJA                                                                  |
|    | 3  | 19 /30 | 3 | 3,00<br>3,45 | 2,47    | Argila arenosa p/ pedregulhosa, vermelha, RIJA                                                                  |
|    | 4  | 34 /30 | 4 | 4,00<br>4,45 |         | Areia p/ argilosa, p/ pedregulhosa, variegada, COMPACTA                                                         |
|    | 5  | 50 /30 | 5 | 5,00<br>5,45 |         | Areia p/ argilosa, p/ pedregulhosa, variegada, MUITO COMPACTA                                                   |
|    | 6  | 58 /20 | 6 | 6,00<br>6,35 |         | Areia p/ argilosa, variegada, MUITO COMPACTA                                                                    |
|    | 7  |        |   |              |         |                                                                                                                 |
|    | 8  |        |   |              |         |                                                                                                                 |
|    | 9  |        |   |              |         | OBS: Limite da sondagem, penetração interrompida antes de 45 cm, quando um dos segmentos ultrapassar 30 golpes. |
|    | 10 |        |   |              |         |                                                                                                                 |
| 11 |    |        |   |              |         |                                                                                                                 |
| 12 |    |        |   |              |         |                                                                                                                 |
| 13 |    |        |   |              |         |                                                                                                                 |
| 14 |    |        |   |              |         |                                                                                                                 |
| 15 |    |        |   |              |         |                                                                                                                 |
| 16 |    |        |   |              |         |                                                                                                                 |
| 17 |    |        |   |              |         |                                                                                                                 |
| 18 |    |        |   |              |         |                                                                                                                 |
| 19 |    |        |   |              |         |                                                                                                                 |
| 20 |    |        |   |              |         |                                                                                                                 |

OBS: Término da Sondagem.

[illegible]

| LAUDO DE SONDAGEM - SPT |       |                                                                                          |                                                              |                           |         |                       |                                                                                                                 |  |
|-------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------|---------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|                         |       | Empresa: Topocart                                                                        |                                                              |                           |         |                       |                                                                                                                 |  |
|                         |       | Local: ADE Centro Norte - Entre Bacias 01 e 02                                           |                                                              | 15/04/2020                |         |                       |                                                                                                                 |  |
|                         |       | Obra: Estudo drenagem pluvial                                                            |                                                              | Sondador:                 | Miguel  |                       |                                                                                                                 |  |
|                         |       | AMOSTRADOR:                                                                              | SPT 2"                                                       | Revestimento:             | 2 1/2"  |                       |                                                                                                                 |  |
|                         |       | PESO DO PILAO:                                                                           | 65Kg                                                         | Altura de queda:          | 75cm    |                       |                                                                                                                 |  |
|                         |       |                                                                                          |                                                              | Comprimento revestimento: |         |                       |                                                                                                                 |  |
| FURO                    | SP 05 | (N) PENETRAÇÃO - cm<br>(NA) NÍVEL D'ÁGUA<br>(A) NUMERO DA AMOSTRA<br>(PG) PERFIL GRAFICO | <b>NÍVEL INICIAL (m):</b> 3,59<br><b>NÍVEL 24h (m):</b> 3,37 |                           |         |                       |                                                                                                                 |  |
|                         |       | N/30                                                                                     | A                                                            | Prof (m)                  | N.A.(m) | CLASSIFICAÇÃO DO SOLO |                                                                                                                 |  |
|                         |       | 3                                                                                        | /30                                                          | 1                         | 1,00    |                       | Argila arenosa, vermelha, MOLE                                                                                  |  |
|                         |       |                                                                                          |                                                              |                           | 1,45    |                       |                                                                                                                 |  |
|                         |       | 12                                                                                       | /30                                                          | 2                         | 2,00    |                       | Argila areno-pedregulhosa, vermelha, RIJA                                                                       |  |
|                         |       |                                                                                          |                                                              |                           | 2,45    |                       |                                                                                                                 |  |
|                         |       | 7                                                                                        | /30                                                          | 3                         | 3,00    | 3,37                  | Argila arenosa p/ siltosa, p/ pedregulhosa, vermelha, MÉDIA                                                     |  |
|                         |       |                                                                                          |                                                              |                           | 3,45    |                       |                                                                                                                 |  |
|                         |       | 6                                                                                        | /30                                                          | 4                         | 4,00    |                       | Argila arenosa p/ siltosa, p/ pedregulhosa, vermelha, MÉDIA                                                     |  |
|                         |       |                                                                                          |                                                              |                           | 4,45    |                       |                                                                                                                 |  |
|                         |       | 32                                                                                       | /30                                                          | 5                         | 5,00    |                       | Argila arenosa p/ siltosa, p/ pedregulhosa, vermelha, DURA                                                      |  |
|                         |       |                                                                                          |                                                              |                           | 5,45    |                       |                                                                                                                 |  |
|                         |       | 50                                                                                       | /30                                                          | 6                         | 6,00    |                       | Areia siltosa p/ argilosa, variegada, MUITO COMPACTA                                                            |  |
|                         |       |                                                                                          |                                                              |                           | 6,45    |                       |                                                                                                                 |  |
|                         |       | 55                                                                                       | /8                                                           | 7                         | 7,00    |                       | Areia siltosa p/ argilosa, variegada, MUITO COMPACTA                                                            |  |
|                         |       |                                                                                          |                                                              |                           | 7,22    |                       |                                                                                                                 |  |
|                         |       |                                                                                          |                                                              |                           |         |                       |                                                                                                                 |  |
|                         |       |                                                                                          |                                                              |                           |         |                       | OBS: Limite da sondagem, penetração interrompida antes de 45 cm, quando um dos segmentos ultrapassar 30 golpes. |  |
|                         |       |                                                                                          |                                                              | OBS: Término da Sondagem. |         |                       |                                                                                                                 |  |

## Anexo 03 – Resultado dos Ensaio de Cisalhamento Direto

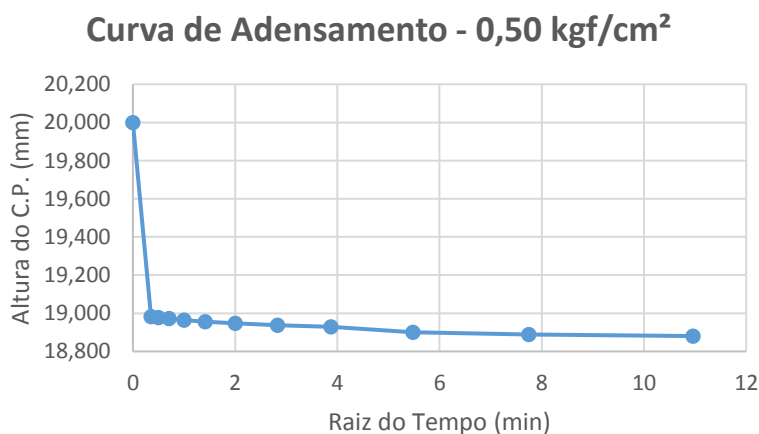
# ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO DO SOLO - TENSÃO NORMAL DE 0,50 kgf/cm<sup>2</sup>

|           |                                                      |                       |                          |
|-----------|------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Local:    | ADE Centro Norte - Ceilândia/DF - Bacias de Retenção |                       |                          |
| Amostra:  | Amostra 01 - Entre Bacias 02 e 03                    | Moldagem:             | Moldagem de Amostra Ind. |
| Operador: | João Pedro                                           | Prof. da Amostra (m): | 1,25                     |
| Data:     | 01/04/2020                                           | Vel. De Cis. (mm/min) | 0,10                     |

| DADOS FINAIS DO CORPO DE PROVA (C.P.) |        |                                                     |       |
|---------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------|-------|
| Altura (cm)                           | 1,89   | Massa específica<br>apar. seca (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,72  |
| Lado (cm)                             | 5,08   |                                                     |       |
| Área (cm <sup>2</sup> )               | 25,81  | Massa específica<br>dos grãos (g/cm <sup>3</sup> )  | 2,80  |
| Volume (cm <sup>3</sup> )             | 48,72  |                                                     |       |
| Massa do molde (g)                    | 84,90  | Massa específica<br>da água (g/cm <sup>3</sup> )    | 1,00  |
| Massa C.P. + molde (g)                | 181,40 |                                                     |       |
| Massa C.P. úmido (g)                  | 96,50  | Índice de Vazios - e                                | 0,633 |
| Massa C.P. seco(g)                    | 83,56  | Altura dos sólidos (cm)                             | 1,16  |

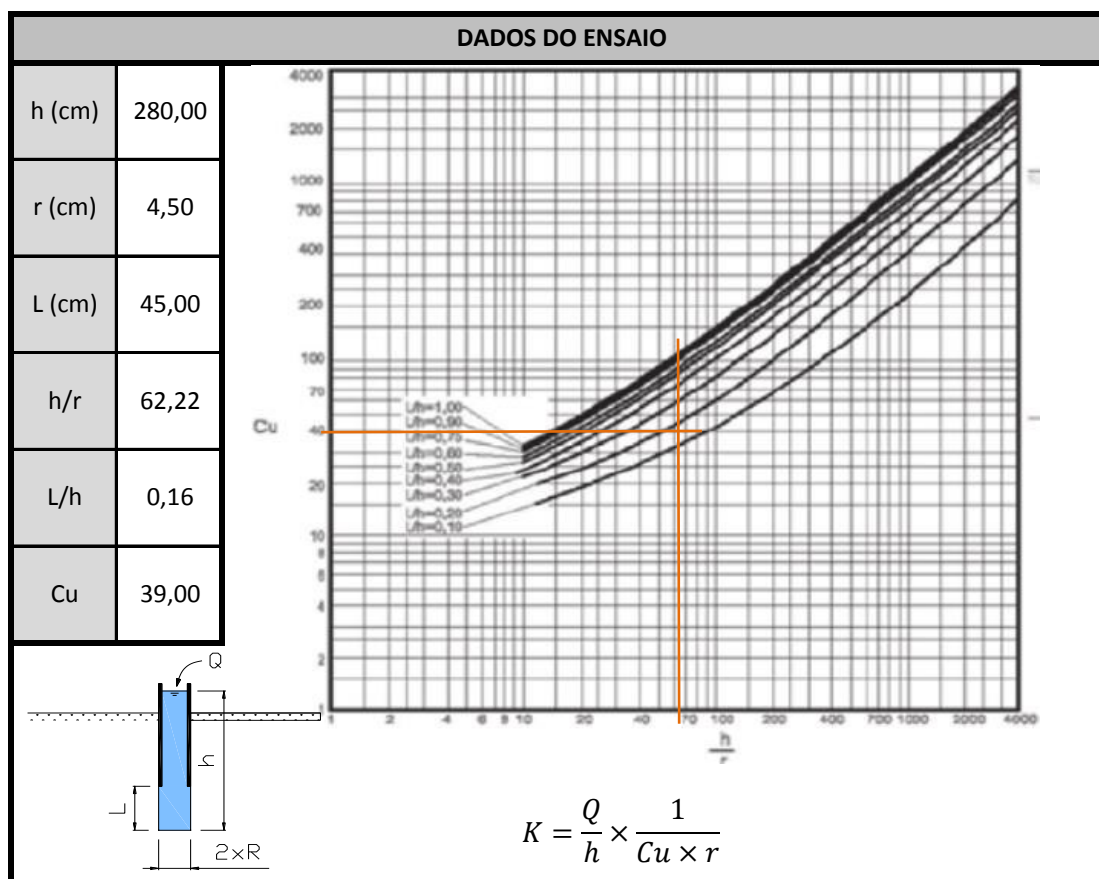
| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE |         |       |       |       |
|-------------------------|---------|-------|-------|-------|
|                         | INICIAL |       | FINAL |       |
| Cápsula Nº              | 73      | 97    | 172   | 168   |
| Tara (g)                | 12,1    | 13,6  | 14,6  | 13,4  |
| Tara + Solo úmido (g)   | 58,8    | 48,0  | 55,4  | 60,2  |
| Tara + Solo seco (g)    | 52,8    | 43,2  | 46,6  | 50,7  |
| Água (g)                | 6,0     | 4,8   | 8,8   | 9,5   |
| Solo Seco (g)           | 40,7    | 29,6  | 32,0  | 37,3  |
| Umidade (%)             | 14,74   | 16,22 | 27,50 | 25,47 |
| Média da Umidade (%)    | 15,48   |       | 26,48 |       |

| FASE DE ADENSAMENTO                       |                   |                  |                  |
|-------------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| TENSÃO NORMAL DE 0,50 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  |
| Tempo (min)                               | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios |
| 0                                         | 0,000             | 20,000           | 0,729            |
| 0,125                                     | 1,018             | 18,982           | 0,641            |
| 0,25                                      | 1,022             | 18,978           | 0,641            |
| 0,5                                       | 1,027             | 18,973           | 0,641            |
| 1                                         | 1,035             | 18,965           | 0,640            |
| 2                                         | 1,045             | 18,955           | 0,639            |
| 4                                         | 1,053             | 18,947           | 0,638            |
| 8                                         | 1,063             | 18,937           | 0,637            |
| 15                                        | 1,071             | 18,929           | 0,637            |
| 30                                        | 1,099             | 18,901           | 0,634            |
| 60                                        | 1,110             | 18,890           | 0,633            |
| 120                                       | 1,119             | 18,881           | 0,633            |



## ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - ACIMA DO NÍVEL D'ÁGUA

|                             |                                |                           |            |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------|
| CLIENTE:                    | TOPOCART                       |                           |            |
| LOCAL:                      | ADE CENTRO NORTE - CEILÂNDIA   | PROF. DO REVESTIMENTO(m): | 2,00       |
| ENSAIO:                     | ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - SPT 05 | NÍVEL D'ÁGUA (m):         | 3,37       |
| PROFUNDIDADE DO ENSAIO (m): | 2,45                           | DATA:                     | 15/04/2020 |



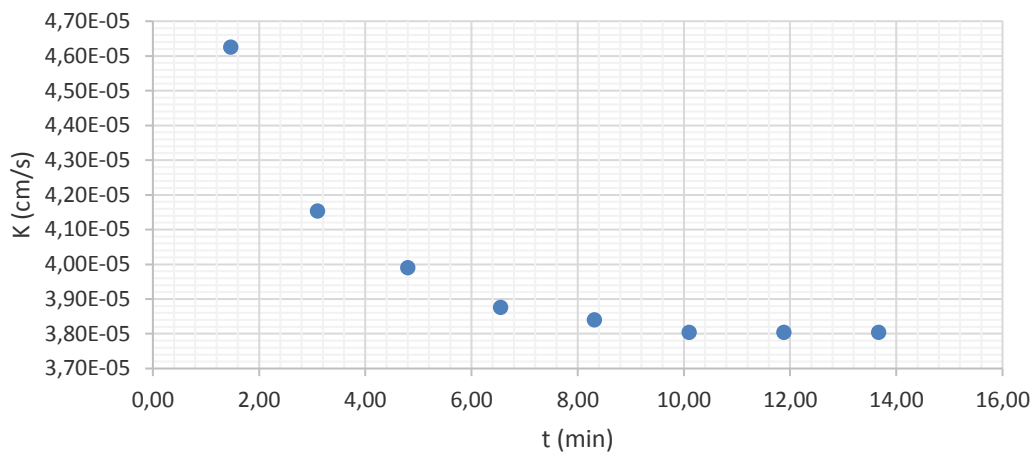
| Leitura | ΔVol (L) | Vol Acum. (L) | ΔT (seg) | T Acum. (min) | k (cm/s) |
|---------|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| 1       | 0,20     | 0,20          | 88,00    | 1,47          | 4,63E-05 |
| 2       | 0,20     | 0,40          | 98,00    | 3,10          | 4,15E-05 |
| 3       | 0,20     | 0,60          | 102,00   | 4,80          | 3,99E-05 |
| 4       | 0,20     | 0,80          | 105,00   | 6,55          | 3,88E-05 |
| 5       | 0,20     | 1,00          | 106,00   | 8,32          | 3,84E-05 |
| 6       | 0,20     | 1,20          | 107,00   | 10,10         | 3,80E-05 |
| 7       | 0,20     | 1,40          | 107,00   | 11,88         | 3,80E-05 |
| 8       | 0,20     | 1,60          | 107,00   | 13,67         | 3,80E-05 |

## BOLETIM DE SONDAGEM E GRÁFICOS

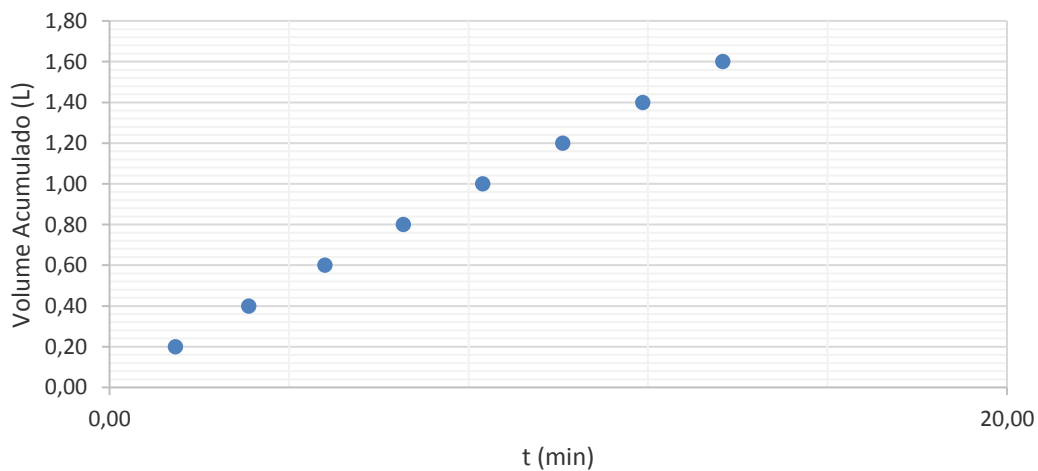
|                             |                                |                           |            |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------|
| CLIENTE:                    | TOPOCART                       |                           |            |
| LOCAL:                      | ADE CENTRO NORTE - CEILÂNDIA   | PROF. DO REVESTIMENTO(m): | 2,00       |
| ENSAIO:                     | ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - SPT 05 | NÍVEL D'ÁGUA (m):         | 3,37       |
| PROFUNDIDADE DO ENSAIO (m): | 2,45                           | DATA:                     | 15/04/2020 |

| REGISTRO | N.A (m) | PROFUND. (m) |      | CLASSIFICAÇÃO                                        |
|----------|---------|--------------|------|------------------------------------------------------|
| SPT 05   | 3,37    | 0,00         | 1,69 | Argila arenosa, vermelha                             |
|          |         | 1,69         | 3,16 | Argila areno-pedregulhosa, vermelha                  |
|          |         | 3,16         | 5,60 | Argila arenosa p/ siltosa, p/ pedregulhosa, vermelha |
|          |         | 5,60         | 7,22 | Areia siltosa p/ argilosa, variegada                 |

**Tempo x K**

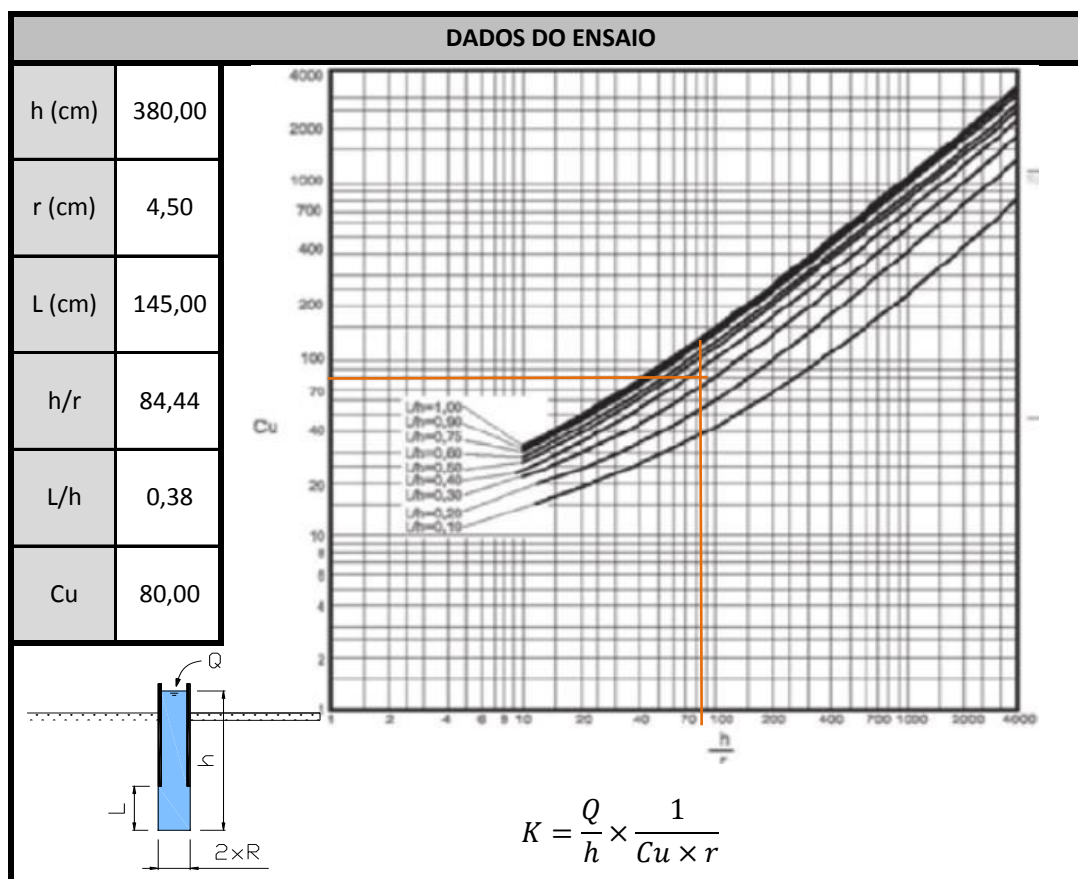


**Tempo x Volume Acumulado**



## ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - ACIMA DO NÍVEL D'ÁGUA

|                             |                                |                           |            |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------|
| CLIENTE:                    | TOPOCART                       |                           |            |
| LOCAL:                      | ADE CENTRO NORTE - CEILÂNDIA   | PROF. DO REVESTIMENTO(m): | 2,00       |
| ENSAIO:                     | ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - SPT 05 | NÍVEL D'ÁGUA (m):         | 3,37       |
| PROFUNDIDADE DO ENSAIO (m): | 3,45                           | DATA:                     | 15/04/2020 |



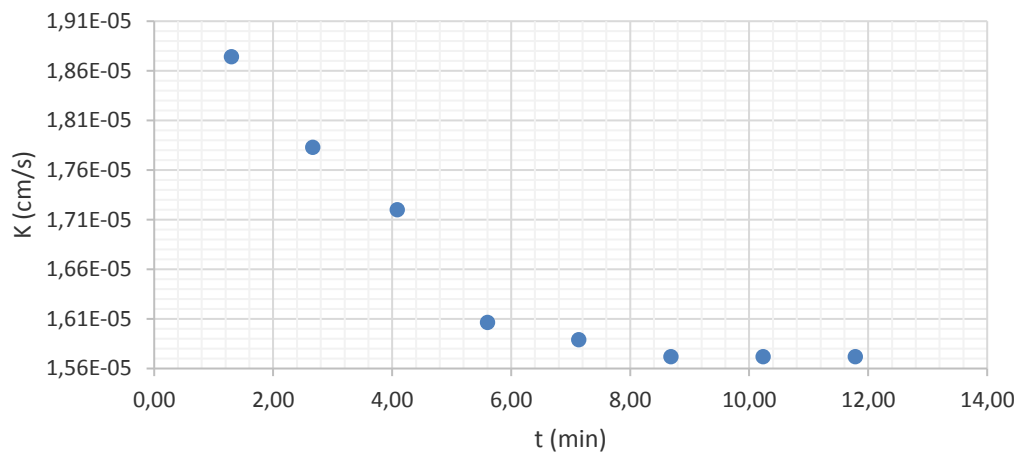
| Leitura | ΔVol (L) | Vol Acum. (L) | ΔT (seg) | T Acum. (min) | k (cm/s) |
|---------|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| 1       | 0,20     | 0,20          | 78,00    | 1,30          | 1,87E-05 |
| 2       | 0,20     | 0,40          | 82,00    | 2,67          | 1,78E-05 |
| 3       | 0,20     | 0,60          | 85,00    | 4,08          | 1,72E-05 |
| 4       | 0,20     | 0,80          | 91,00    | 5,60          | 1,61E-05 |
| 5       | 0,20     | 1,00          | 92,00    | 7,13          | 1,59E-05 |
| 6       | 0,20     | 1,20          | 93,00    | 8,68          | 1,57E-05 |
| 7       | 0,20     | 1,40          | 93,00    | 10,23         | 1,57E-05 |
| 8       | 0,20     | 1,60          | 93,00    | 11,78         | 1,57E-05 |

## BOLETIM DE SONDAGEM E GRÁFICOS

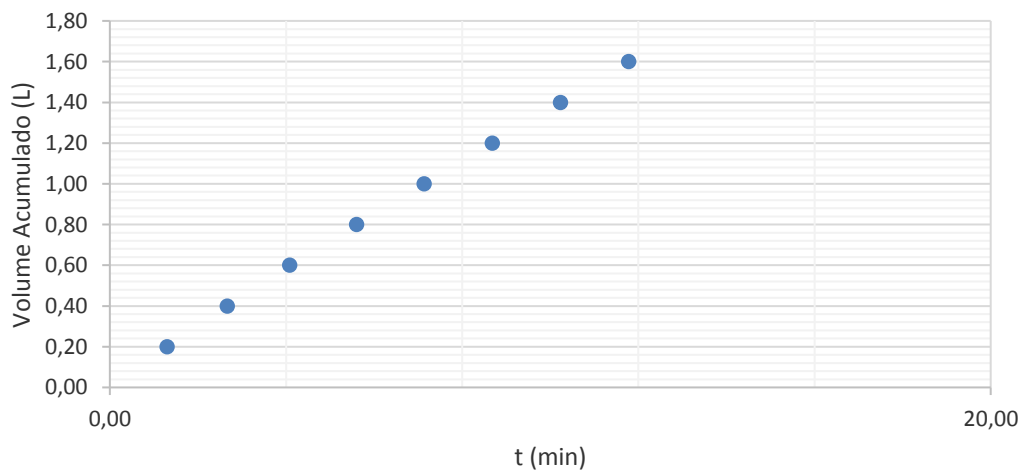
|                             |                                |                           |            |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------|
| CLIENTE:                    | TOPOCART                       |                           |            |
| LOCAL:                      | ADE CENTRO NORTE - CEILÂNDIA   | PROF. DO REVESTIMENTO(m): | 2,00       |
| ENSAIO:                     | ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - SPT 05 | NÍVEL D'ÁGUA (m):         | 3,37       |
| PROFUNDIDADE DO ENSAIO (m): | 3,45                           | DATA:                     | 15/04/2020 |

| REGISTRO | N.A (m) | PROFUND. (m) |      | CLASSIFICAÇÃO                                        |
|----------|---------|--------------|------|------------------------------------------------------|
| SPT 05   | 3,37    | 0,00         | 1,69 | Argila arenosa, vermelha                             |
|          |         | 1,69         | 3,16 | Argila areno-pedregulhosa, vermelha                  |
|          |         | 3,16         | 5,60 | Argila arenosa p/ siltosa, p/ pedregulhosa, vermelha |
|          |         | 5,60         | 7,22 | Areia siltosa p/ argilosa, variegada                 |

**Tempo x K**



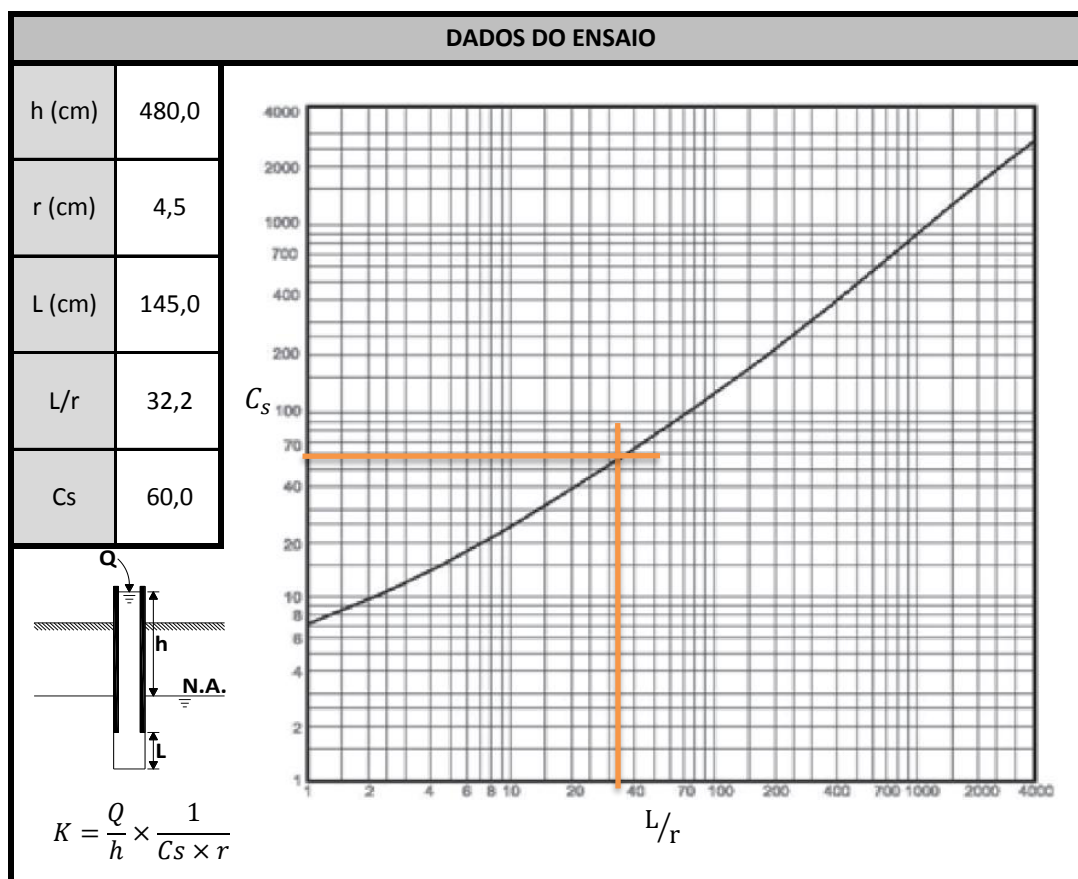
**Tempo x Volume Acumulado**



## Anexo 04 – Resultado dos Ensaio de Infiltração

## ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - ABAIXO DO NÍVEL D'ÁGUA

|                             |                                |                           |            |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------|
| CLIENTE:                    | TOPOCART                       |                           |            |
| LOCAL:                      | ADE CENTRO NORTE - CEILÂNDIA   | PROF. DO REVESTIMENTO(m): | 3,00       |
| ENSAIO:                     | ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - SPT 05 | NÍVEL D'ÁGUA (m):         | 3,37       |
| PROFUNDIDADE DO ENSAIO (m): | 4,45                           | DATA:                     | 15/04/2020 |



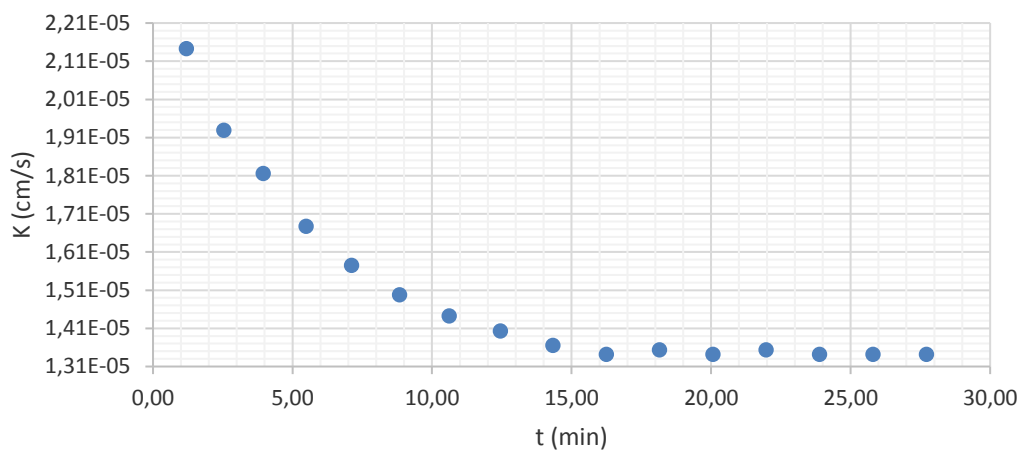
| Leitura | ΔVol (L) | Vol Acum. (L) | ΔT (seg) | T Acum. (min) | k (cm/s) | Leitura | ΔVol (L) | Vol Acum. (L) | ΔT (seg) | T Acum. (min) | k (cm/s) |
|---------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------|----------|---------------|----------|---------------|----------|
| 1       | 0,20     | 0,20          | 72,00    | 1,20          | 2,14E-05 | 9       | 0,20     | 1,80          | 113,00   | 14,33         | 1,37E-05 |
| 2       | 0,20     | 0,40          | 80,00    | 2,53          | 1,93E-05 | 10      | 0,20     | 2,00          | 115,00   | 16,25         | 1,34E-05 |
| 3       | 0,20     | 0,60          | 85,00    | 3,95          | 1,82E-05 | 11      | 0,20     | 2,20          | 114,00   | 18,15         | 1,35E-05 |
| 4       | 0,20     | 0,80          | 92,00    | 5,48          | 1,68E-05 | 12      | 0,20     | 2,40          | 115,00   | 20,07         | 1,34E-05 |
| 5       | 0,20     | 1,00          | 98,00    | 7,12          | 1,57E-05 | 13      | 0,20     | 2,60          | 114,00   | 21,97         | 1,35E-05 |
| 6       | 0,20     | 1,20          | 103,00   | 8,83          | 1,50E-05 | 14      | 0,20     | 2,80          | 115,00   | 23,88         | 1,34E-05 |
| 7       | 0,20     | 1,40          | 107,00   | 10,62         | 1,44E-05 | 15      | 0,20     | 3,00          | 115,00   | 25,80         | 1,34E-05 |
| 8       | 0,20     | 1,60          | 110,00   | 12,45         | 1,40E-05 | 16      | 0,20     | 3,20          | 115,00   | 27,72         | 1,34E-05 |

## BOLETIM DE SONDAGEM E GRÁFICOS

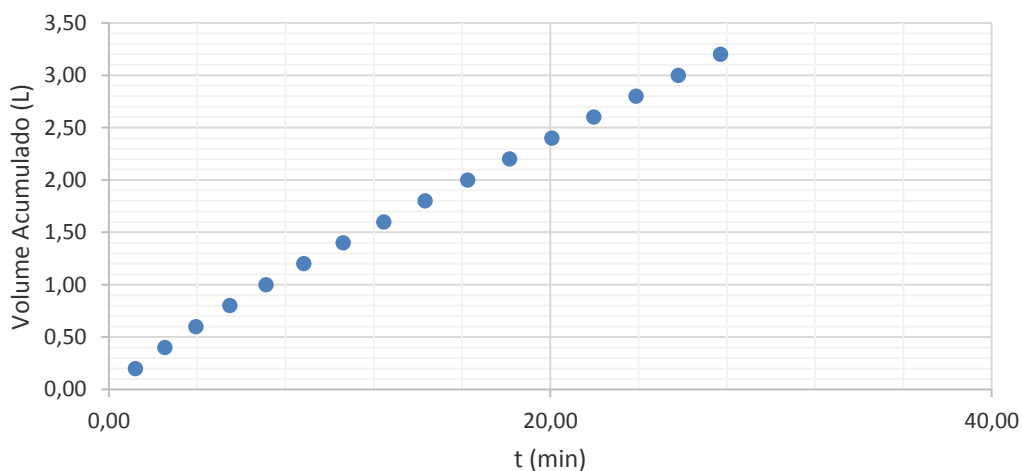
|                             |                                |                           |            |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------|
| CLIENTE:                    | TOPOCART                       |                           |            |
| LOCAL:                      | ADE CENTRO NORTE - CEILÂNDIA   | PROF. DO REVESTIMENTO(m): | 3,00       |
| ENSAIO:                     | ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - SPT 05 | NÍVEL D'ÁGUA (m):         | 3,37       |
| PROFUNDIDADE DO ENSAIO (m): | 4,45 m                         | DATA:                     | 15/04/2020 |

| REGISTRO | N.A (m) | PROFUND. (m) |      | CLASSIFICAÇÃO                                        |
|----------|---------|--------------|------|------------------------------------------------------|
| SPT 05   | 3,37    | 0,00         | 1,69 | Argila arenosa, vermelha                             |
|          |         | 1,69         | 3,16 | Argila areno-pedregulhosa, vermelha                  |
|          |         | 3,16         | 5,60 | Argila arenosa p/ siltosa, p/ pedregulhosa, vermelha |
|          |         | 5,60         | 7,22 | Areia siltosa p/ argilosa, variegada                 |

### Tempo x K

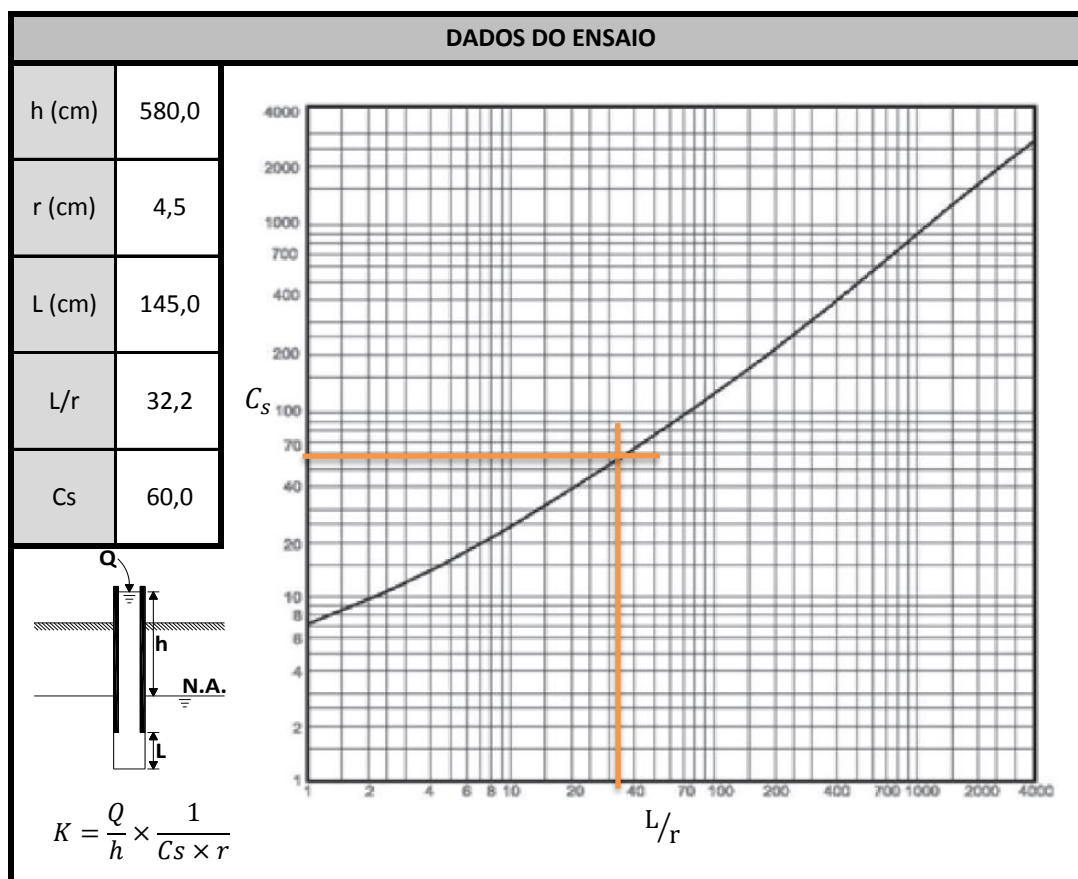


### Tempo x Volume Acumulado



## ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - ABAIXO DO NÍVEL D'ÁGUA

|                             |                                |                           |            |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------|
| CLIENTE:                    | TOPOCART                       |                           |            |
| LOCAL:                      | ADE CENTRO NORTE - CEILÂNDIA   | PROF. DO REVESTIMENTO(m): | 4,00       |
| ENSAIO:                     | ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - SPT 05 | NÍVEL D'ÁGUA (m):         | 3,37       |
| PROFUNDIDADE DO ENSAIO (m): | 5,45                           | DATA:                     | 15/04/2020 |



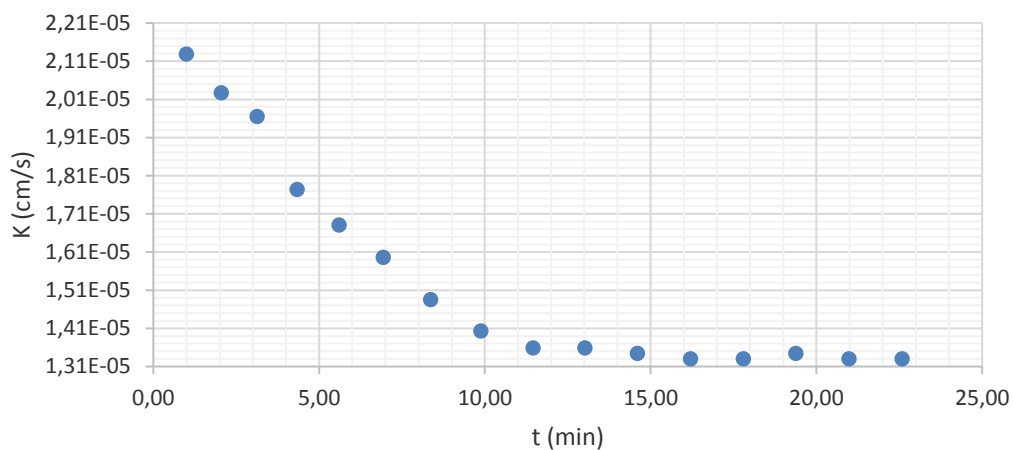
| Leitura | $\Delta Vol$<br>(L) | Vol<br>Acum. (L) | $\Delta T$<br>(seg) | T Acum.<br>(min) | k<br>(cm/s) | Leitura | $\Delta Vol$<br>(L) | Vol Acum.<br>(L) | $\Delta T$<br>(seg) | T Acum.<br>(min) | k<br>(cm/s) |
|---------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------|---------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------|
| 1       | 0,20                | 0,20             | 60,00               | 1,00             | 2,13E-05    | 9       | 0,20                | 1,80             | 94,00               | 11,45            | 1,36E-05    |
| 2       | 0,20                | 0,40             | 63,00               | 2,05             | 2,03E-05    | 10      | 0,20                | 2,00             | 94,00               | 13,02            | 1,36E-05    |
| 3       | 0,20                | 0,60             | 65,00               | 3,13             | 1,96E-05    | 11      | 0,20                | 2,20             | 95,00               | 14,60            | 1,34E-05    |
| 4       | 0,20                | 0,80             | 72,00               | 4,33             | 1,77E-05    | 12      | 0,20                | 2,40             | 96,00               | 16,20            | 1,33E-05    |
| 5       | 0,20                | 1,00             | 76,00               | 5,60             | 1,68E-05    | 13      | 0,20                | 2,60             | 96,00               | 17,80            | 1,33E-05    |
| 6       | 0,20                | 1,20             | 80,00               | 6,93             | 1,60E-05    | 14      | 0,20                | 2,80             | 95,00               | 19,38            | 1,34E-05    |
| 7       | 0,20                | 1,40             | 86,00               | 8,37             | 1,49E-05    | 15      | 0,20                | 3,00             | 96,00               | 20,98            | 1,33E-05    |
| 8       | 0,20                | 1,60             | 91,00               | 9,88             | 1,40E-05    | 16      | 0,20                | 3,20             | 96,00               | 22,58            | 1,33E-05    |

## BOLETIM DE SONDAGEM E GRÁFICOS

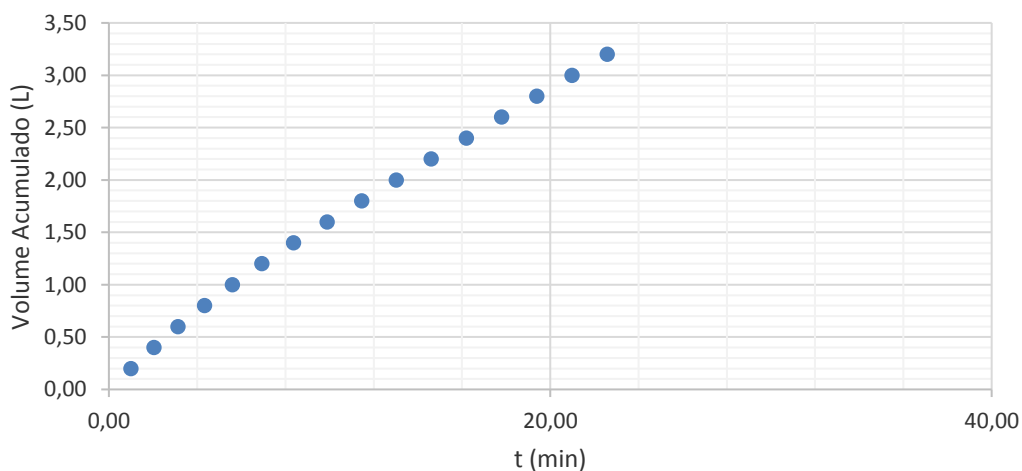
|                             |                                |                           |            |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------|
| CLIENTE:                    | TOPOCART                       |                           |            |
| LOCAL:                      | ADE CENTRO NORTE - CEILÂNDIA   | PROF. DO REVESTIMENTO(m): | 4,00       |
| ENSAIO:                     | ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - SPT 05 | NÍVEL D'ÁGUA (m):         | 3,37       |
| PROFUNDIDADE DO ENSAIO (m): | 5,45                           | DATA:                     | 15/04/2020 |

| REGISTRO | N.A (m) | PROFUND. (m) |      | CLASSIFICAÇÃO                                        |
|----------|---------|--------------|------|------------------------------------------------------|
| SPT 05   | 3,37    | 0,00         | 1,69 | Argila arenosa, vermelha                             |
|          |         | 1,69         | 3,16 | Argila areno-pedregulhosa, vermelha                  |
|          |         | 3,16         | 5,60 | Argila arenosa p/ siltosa, p/ pedregulhosa, vermelha |
|          |         | 5,60         | 7,22 | Areia siltosa p/ argilosa, variegada                 |

**Tempo x K**

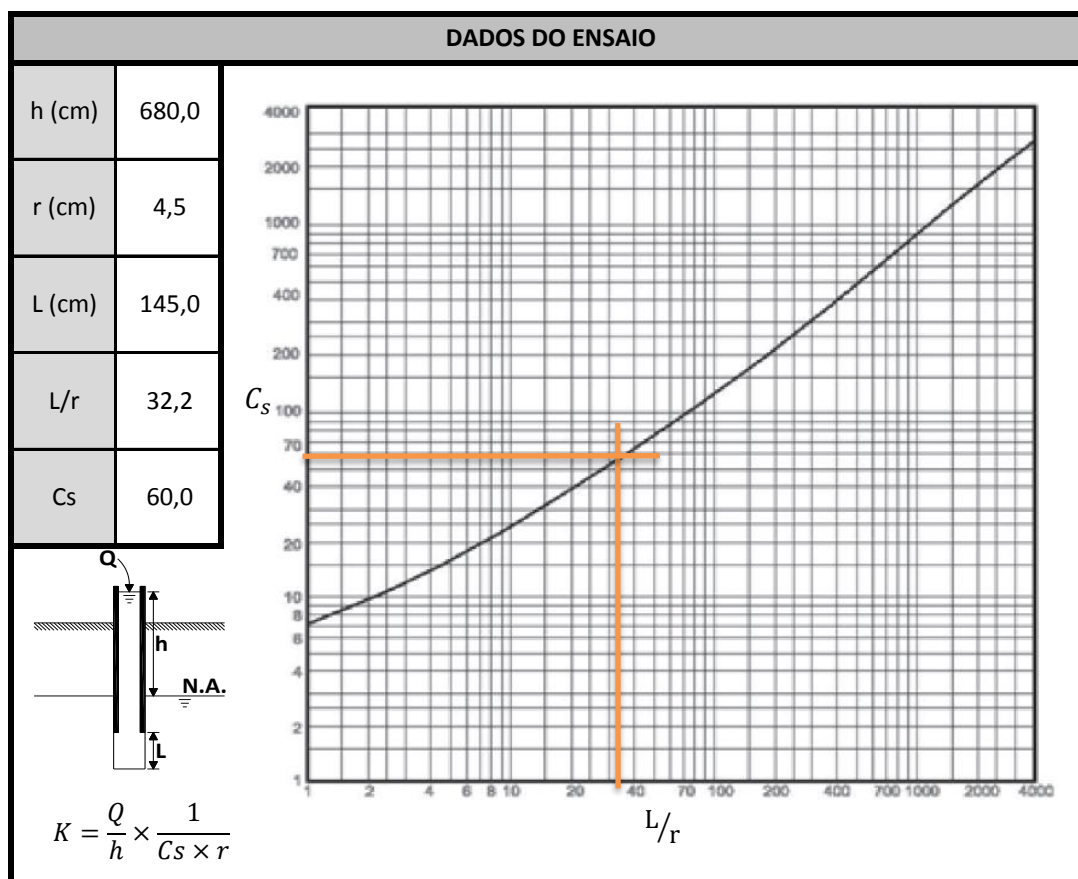


**Tempo x Volume Acumulado**



## ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - ABAIXO DO NÍVEL D'ÁGUA

|                             |                                |                           |            |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------|
| CLIENTE:                    | TOPOCART                       |                           |            |
| LOCAL:                      | ADE CENTRO NORTE - CEILÂNDIA   | PROF. DO REVESTIMENTO(m): | 5,00       |
| ENSAIO:                     | ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - SPT 05 | NÍVEL D'ÁGUA (m):         | 3,37       |
| PROFUNDIDADE DO ENSAIO (m): | 6,45                           | DATA:                     | 15/04/2020 |



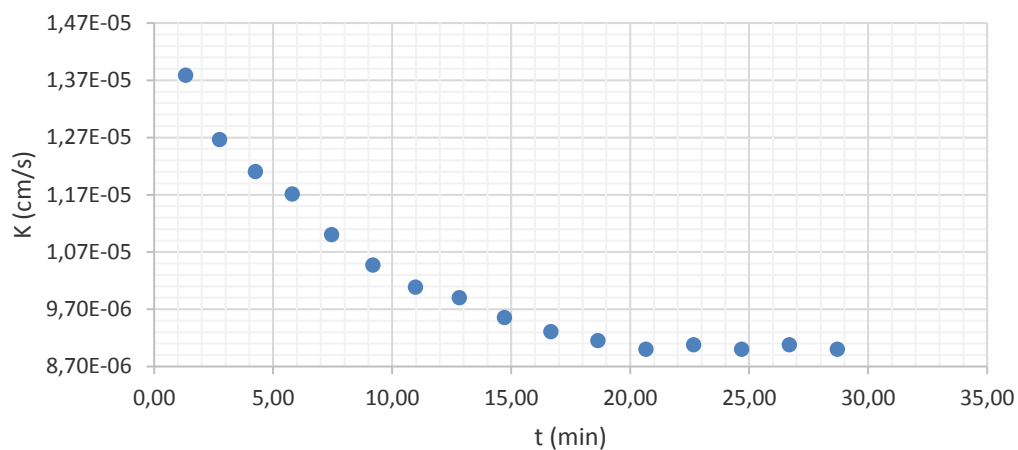
| Leitura | $\Delta Vol$<br>(L) | Vol<br>Acum. (L) | $\Delta T$<br>(seg) | T Acum.<br>(min) | k<br>(cm/s) | Leitura | $\Delta Vol$<br>(L) | Vol Acum.<br>(L) | $\Delta T$<br>(seg) | T Acum.<br>(min) | k<br>(cm/s) |
|---------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------|---------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------|
| 1       | 0,20                | 0,20             | 79,00               | 1,32             | 1,38E-05    | 9       | 0,20                | 1,80             | 114,00              | 14,72            | 9,56E-06    |
| 2       | 0,20                | 0,40             | 86,00               | 2,75             | 1,27E-05    | 10      | 0,20                | 2,00             | 117,00              | 16,67            | 9,31E-06    |
| 3       | 0,20                | 0,60             | 90,00               | 4,25             | 1,21E-05    | 11      | 0,20                | 2,20             | 119,00              | 18,65            | 9,15E-06    |
| 4       | 0,20                | 0,80             | 93,00               | 5,80             | 1,17E-05    | 12      | 0,20                | 2,40             | 121,00              | 20,67            | 9,00E-06    |
| 5       | 0,20                | 1,00             | 99,00               | 7,45             | 1,10E-05    | 13      | 0,20                | 2,60             | 120,00              | 22,67            | 9,08E-06    |
| 6       | 0,20                | 1,20             | 104,00              | 9,18             | 1,05E-05    | 14      | 0,20                | 2,80             | 121,00              | 24,68            | 9,00E-06    |
| 7       | 0,20                | 1,40             | 108,00              | 10,98            | 1,01E-05    | 15      | 0,20                | 3,00             | 120,00              | 26,68            | 9,08E-06    |
| 8       | 0,20                | 1,60             | 110,00              | 12,82            | 9,90E-06    | 16      | 0,20                | 3,20             | 121,00              | 28,70            | 9,00E-06    |

## BOLETIM DE SONDAGEM E GRÁFICOS

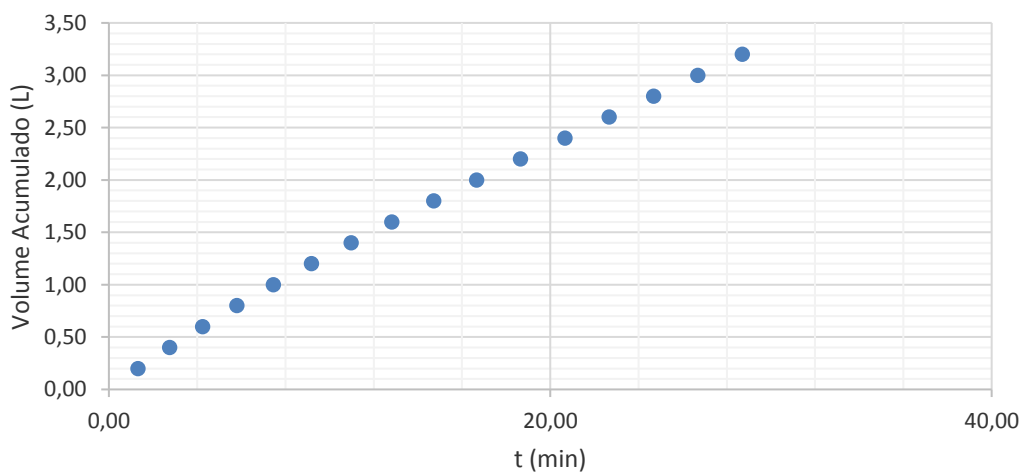
|                             |                                |                           |            |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------|
| CLIENTE:                    | TOPOCART                       |                           |            |
| LOCAL:                      | ADE CENTRO NORTE - CEILÂNDIA   | PROF. DO REVESTIMENTO(m): | 5,00       |
| ENSAIO:                     | ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - SPT 05 | NÍVEL D'ÁGUA (m):         | 3,37       |
| PROFUNDIDADE DO ENSAIO (m): | 6,45                           | DATA:                     | 15/04/2020 |

| REGISTRO | N.A (m) | PROFUND. (m) |      | CLASSIFICAÇÃO                                        |
|----------|---------|--------------|------|------------------------------------------------------|
| SPT 05   | 3,37    | 0,00         | 1,69 | Argila arenosa, vermelha                             |
|          |         | 1,69         | 3,16 | Argila areno-pedregulhosa, vermelha                  |
|          |         | 3,16         | 5,60 | Argila arenosa p/ siltosa, p/ pedregulhosa, vermelha |
|          |         | 5,60         | 7,22 | Areia siltosa p/ argilosa, variegada                 |

**Tempo x K**

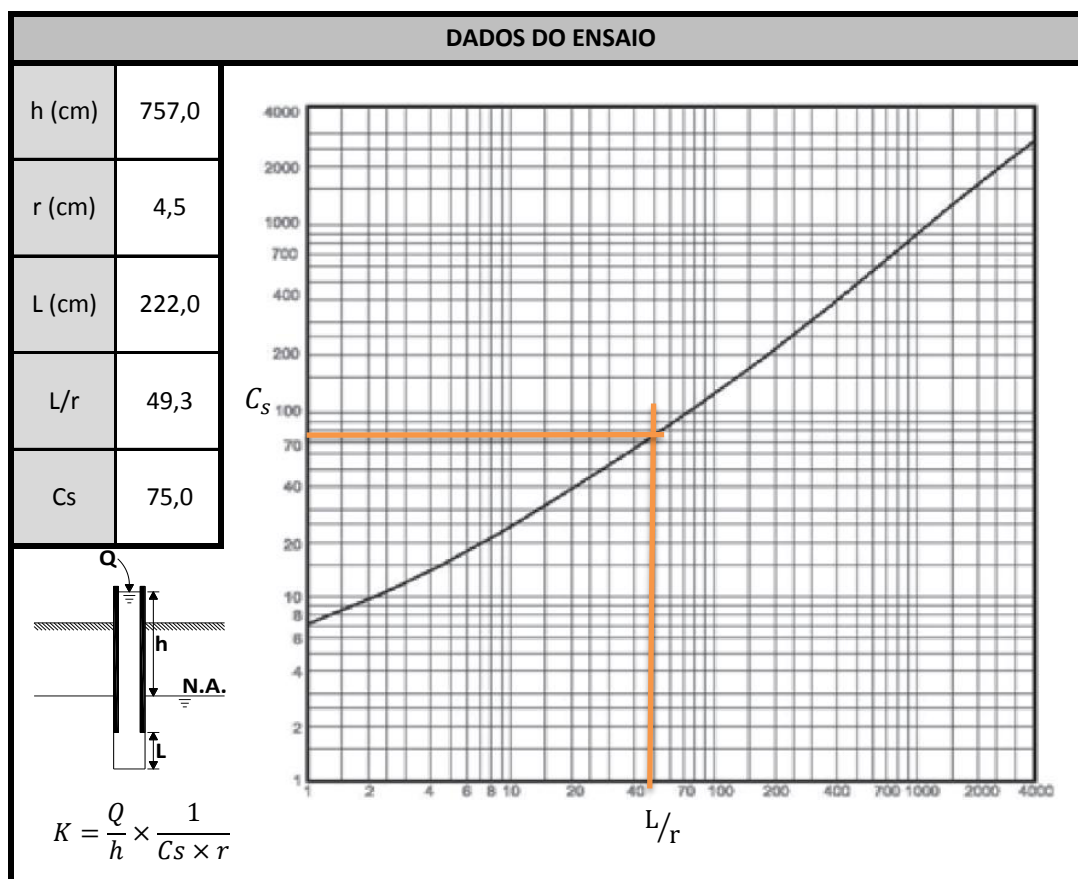


**Tempo x Volume Acumulado**



## ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - ABAIXO DO NÍVEL D'ÁGUA

|                             |                                |                           |            |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------|
| CLIENTE:                    | TOPOCART                       |                           |            |
| LOCAL:                      | ADE CENTRO NORTE - CEILÂNDIA   | PROF. DO REVESTIMENTO(m): | 5,00       |
| ENSAIO:                     | ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - SPT 05 | NÍVEL D'ÁGUA (m):         | 3,37       |
| PROFUNDIDADE DO ENSAIO (m): | 7,22                           | DATA:                     | 15/04/2020 |



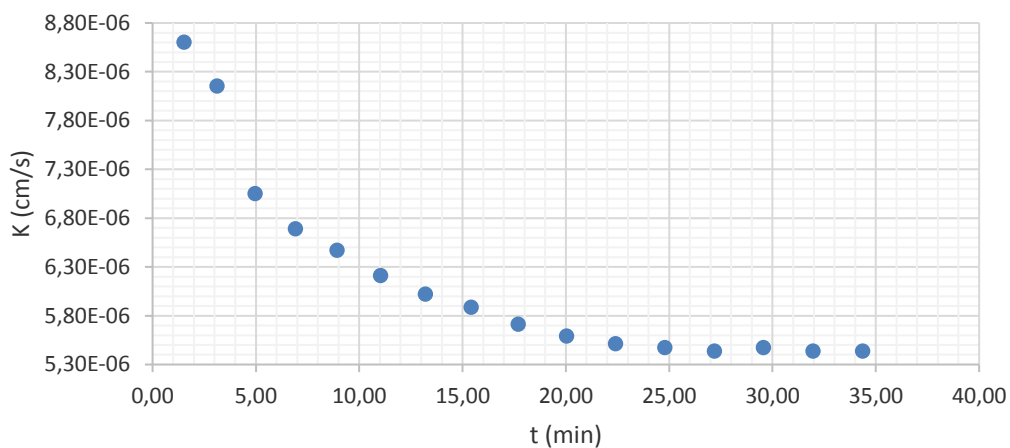
| Leitura | $\Delta Vol$<br>(L) | Vol<br>Acum. (L) | $\Delta T$<br>(seg) | T Acum.<br>(min) | k<br>(cm/s) | Leitura | $\Delta Vol$<br>(L) | Vol Acum.<br>(L) | $\Delta T$<br>(seg) | T Acum.<br>(min) | k<br>(cm/s) |
|---------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------|---------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------|
| 1       | 0,20                | 0,20             | 91,00               | 1,52             | 8,60E-06    | 9       | 0,20                | 1,80             | 137,00              | 17,70            | 5,71E-06    |
| 2       | 0,20                | 0,40             | 96,00               | 3,12             | 8,15E-06    | 10      | 0,20                | 2,00             | 140,00              | 20,03            | 5,59E-06    |
| 3       | 0,20                | 0,60             | 111,00              | 4,97             | 7,05E-06    | 11      | 0,20                | 2,20             | 142,00              | 22,40            | 5,51E-06    |
| 4       | 0,20                | 0,80             | 117,00              | 6,92             | 6,69E-06    | 12      | 0,20                | 2,40             | 143,00              | 24,78            | 5,47E-06    |
| 5       | 0,20                | 1,00             | 121,00              | 8,93             | 6,47E-06    | 13      | 0,20                | 2,60             | 144,00              | 27,18            | 5,44E-06    |
| 6       | 0,20                | 1,20             | 126,00              | 11,03            | 6,21E-06    | 14      | 0,20                | 2,80             | 143,00              | 29,57            | 5,47E-06    |
| 7       | 0,20                | 1,40             | 130,00              | 13,20            | 6,02E-06    | 15      | 0,20                | 3,00             | 144,00              | 31,97            | 5,44E-06    |
| 8       | 0,20                | 1,60             | 133,00              | 15,42            | 5,89E-06    | 16      | 0,20                | 3,20             | 144,00              | 34,37            | 5,44E-06    |

## BOLETIM DE SONDAGEM E GRÁFICOS

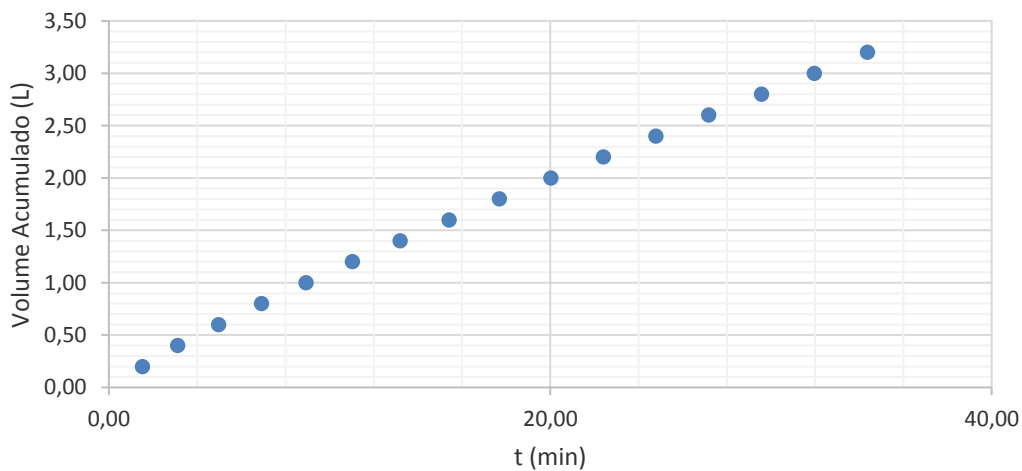
|                             |                                |                           |            |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------|
| CLIENTE:                    | TOPOCART                       |                           |            |
| LOCAL:                      | ADE CENTRO NORTE - CEILÂNDIA   | PROF. DO REVESTIMENTO(m): | 5,00       |
| ENSAIO:                     | ENSAIO DE INFILTRAÇÃO - SPT 05 | NÍVEL D'ÁGUA (m):         | 3,37       |
| PROFUNDIDADE DO ENSAIO (m): | 7,22                           | DATA:                     | 15/04/2020 |

| REGISTRO | N.A (m) | PROFUND. (m) |      | CLASSIFICAÇÃO                                        |
|----------|---------|--------------|------|------------------------------------------------------|
| SPT 05   | 3,37    | 0,00         | 1,69 | Argila arenosa, vermelha                             |
|          |         | 1,69         | 3,16 | Argila areno-pedregulhosa, vermelha                  |
|          |         | 3,16         | 5,60 | Argila arenosa p/ siltosa, p/ pedregulhosa, vermelha |
|          |         | 5,60         | 7,22 | Areia siltosa p/ argilosa, variegada                 |

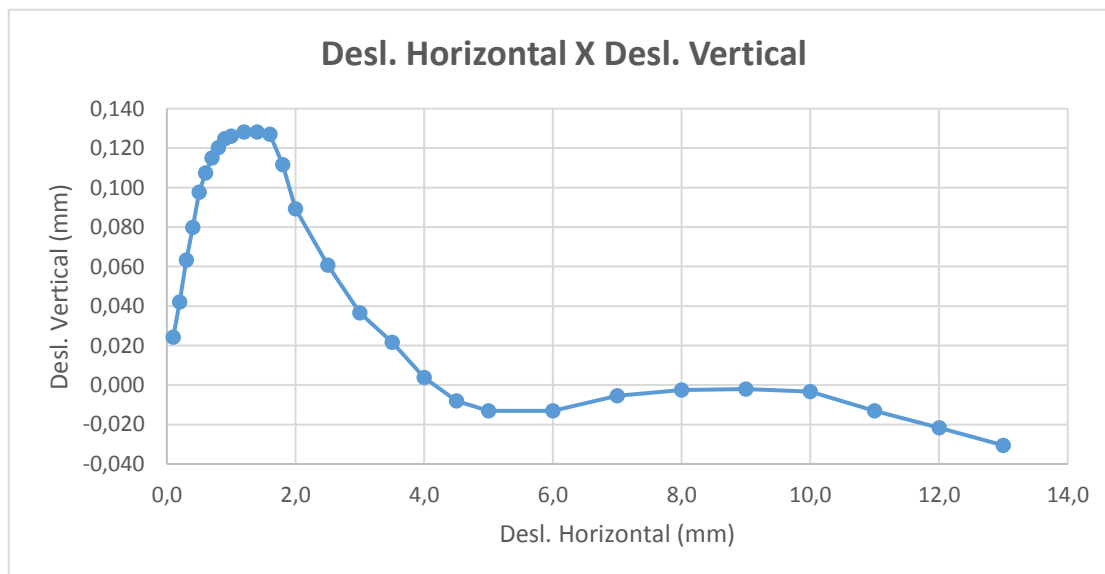
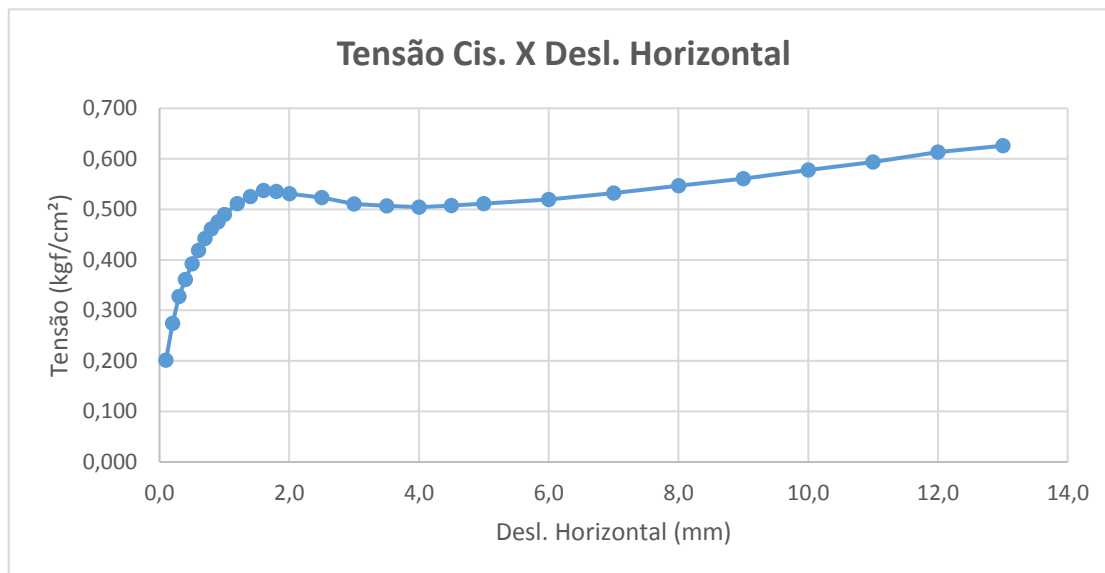
**Tempo x K**



**Tempo x Volume Acumulado**



| FASE DE CISALHAMENTO - TENSÃO NORMAL DE 0,50 kgf/cm <sup>2</sup> |                     |                        |                                  |                    |                     |                        |                                  |
|------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------|---------------------|------------------------|----------------------------------|
| Desl. Hor.<br>(mm)                                               | Desl. Vert.<br>(mm) | Leitura<br>Força (kgf) | Tensão<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Desl. Hor.<br>(mm) | Desl. Vert.<br>(mm) | Leitura<br>Força (kgf) | Tensão<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| 0,1                                                              | 0,024               | 5,189                  | 0,201                            | 3,0                | 0,037               | 12,401                 | 0,511                            |
| 0,2                                                              | 0,042               | 7,052                  | 0,274                            | 3,5                | 0,022               | 12,178                 | 0,507                            |
| 0,3                                                              | 0,063               | 8,405                  | 0,328                            | 4,0                | 0,004               | 11,987                 | 0,504                            |
| 0,4                                                              | 0,080               | 9,249                  | 0,361                            | 4,5                | -0,008              | 11,939                 | 0,508                            |
| 0,5                                                              | 0,098               | 10,013                 | 0,392                            | 5,0                | -0,013              | 11,891                 | 0,511                            |
| 0,6                                                              | 0,107               | 10,681                 | 0,419                            | 6,0                | -0,013              | 11,827                 | 0,520                            |
| 0,7                                                              | 0,115               | 11,254                 | 0,442                            | 7,0                | -0,006              | 11,843                 | 0,532                            |
| 0,8                                                              | 0,120               | 11,716                 | 0,461                            | 8,0                | -0,003              | 11,891                 | 0,547                            |
| 0,9                                                              | 0,125               | 12,050                 | 0,475                            | 9,0                | -0,002              | 11,907                 | 0,561                            |
| 1,0                                                              | 0,126               | 12,385                 | 0,490                            | 10,0               | -0,003              | 11,971                 | 0,578                            |
| 1,2                                                              | 0,128               | 12,878                 | 0,511                            | 11,0               | -0,013              | 12,003                 | 0,594                            |
| 1,4                                                              | 0,128               | 13,181                 | 0,525                            | 12,0               | -0,022              | 12,082                 | 0,613                            |
| 1,6                                                              | 0,127               | 13,419                 | 0,537                            | 13,0               | -0,031              | 12,018                 | 0,626                            |
| 1,8                                                              | 0,112               | 13,324                 | 0,535                            |                    |                     |                        |                                  |
| 2,0                                                              | 0,089               | 13,165                 | 0,531                            |                    |                     |                        |                                  |
| 2,5                                                              | 0,061               | 12,846                 | 0,524                            |                    |                     |                        |                                  |



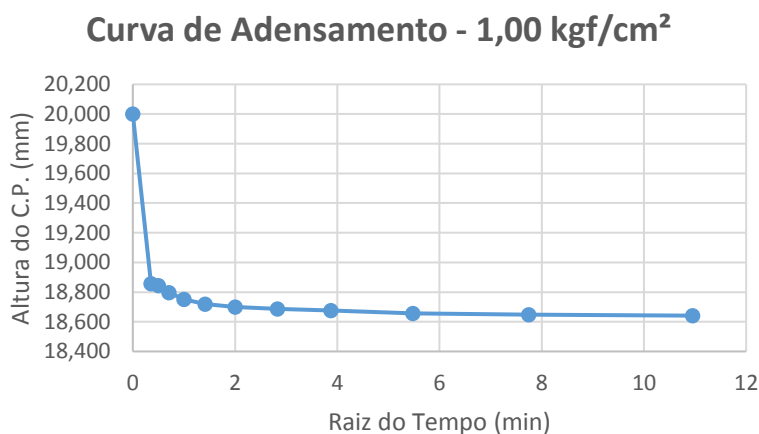
# ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO DO SOLO - TENSÃO NORMAL DE 1,00 kgf/cm<sup>2</sup>

|           |                                                      |                       |                          |
|-----------|------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Local:    | ADE Centro Norte - Ceilândia/DF - Bacias de Retenção |                       |                          |
| Amostra:  | Amostra 01 - Entre Bacias 02 e 03                    | Moldagem:             | Moldagem de Amostra Ind. |
| Operador: | João Pedro                                           | Prof. da Amostra (m): | 1,25                     |
| Data:     | 06/04/2020                                           | Vel. De Cis. (mm/min) | 0,10                     |

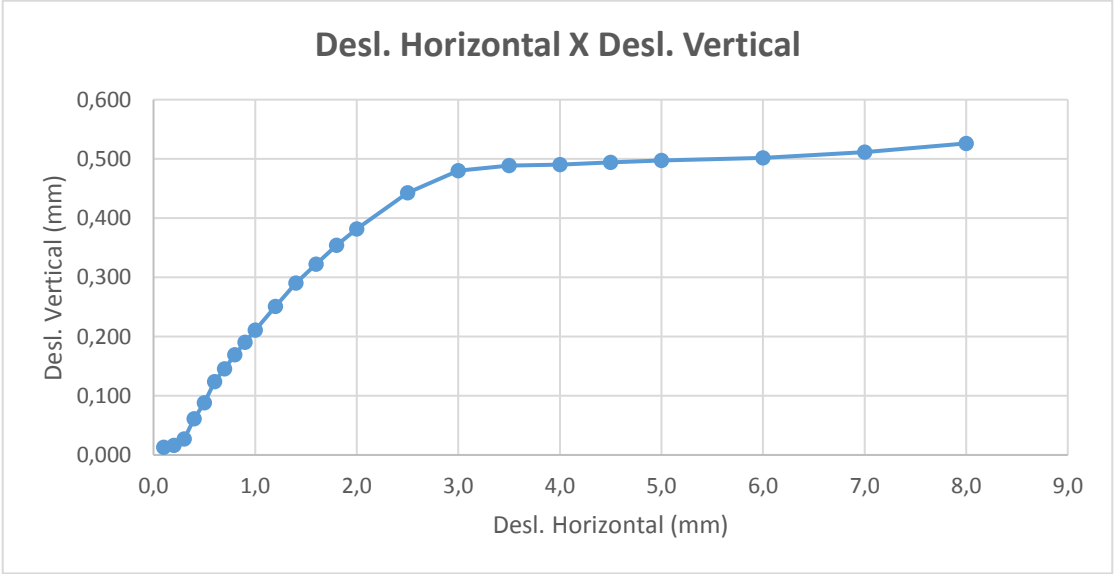
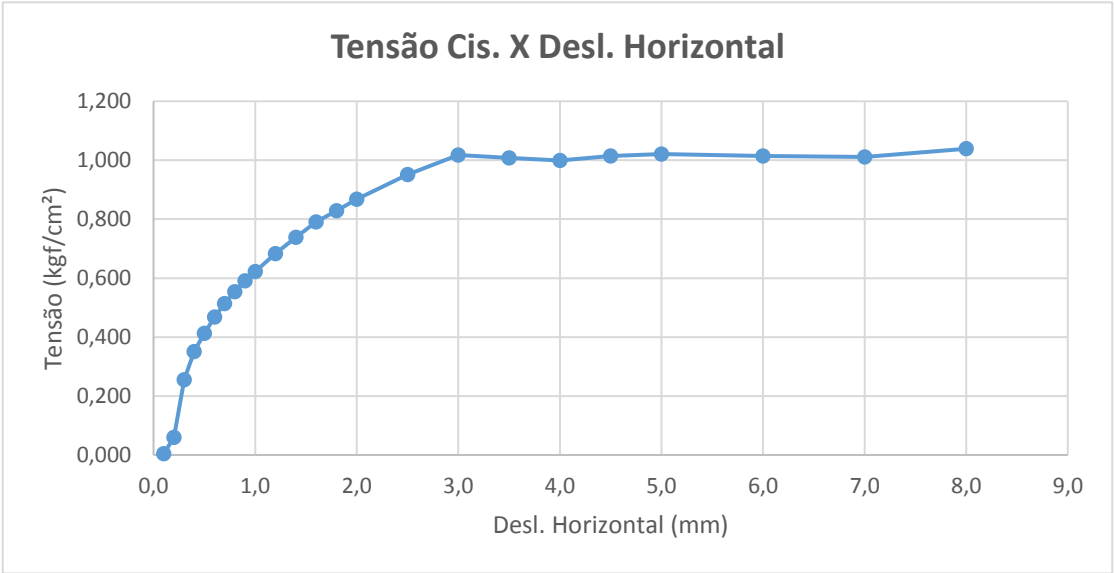
| DADOS FINAIS DO CORPO DE PROVA (C.P.) |        |                                                     |       |
|---------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------|-------|
| Altura (cm)                           | 1,86   | Massa específica<br>apar. seca (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,69  |
| Lado (cm)                             | 5,08   |                                                     |       |
| Área (cm <sup>2</sup> )               | 25,81  | Massa específica<br>dos grãos (g/cm <sup>3</sup> )  | 2,80  |
| Volume (cm <sup>3</sup> )             | 48,11  |                                                     |       |
| Massa do molde (g)                    | 84,90  | Massa específica<br>da água (g/cm <sup>3</sup> )    | 1,00  |
| Massa C.P. + molde (g)                | 178,80 |                                                     |       |
| Massa C.P. úmido (g)                  | 93,90  | Índice de Vazios - e                                | 0,657 |
| Massa C.P. seco(g)                    | 81,31  | Altura dos sólidos (cm)                             | 1,13  |

| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE |         |       |       |       |
|-------------------------|---------|-------|-------|-------|
|                         | INICIAL |       | FINAL |       |
| Cápsula Nº              | 73      | 97    | 103   | 173   |
| Tara (g)                | 12,1    | 13,6  | 12,8  | 14,1  |
| Tara + Solo úmido (g)   | 58,8    | 48,0  | 55,0  | 59,1  |
| Tara + Solo seco (g)    | 52,8    | 43,2  | 46,0  | 49,7  |
| Água (g)                | 6,0     | 4,8   | 9,0   | 9,4   |
| Solo Seco (g)           | 40,7    | 29,6  | 33,2  | 35,6  |
| Umidade (%)             | 14,74   | 16,22 | 27,11 | 26,40 |
| Média da Umidade (%)    | 15,48   |       | 26,76 |       |

| FASE DE ADENSAMENTO                       |                   |                  |                  |
|-------------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| TENSÃO NORMAL DE 1,00 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  |
| Tempo (min)                               | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios |
| 0                                         | 0,000             | 20,000           | 0,777            |
| 0,125                                     | 1,143             | 18,857           | 0,676            |
| 0,25                                      | 1,156             | 18,844           | 0,675            |
| 0,5                                       | 1,203             | 18,797           | 0,670            |
| 1                                         | 1,249             | 18,751           | 0,666            |
| 2                                         | 1,281             | 18,719           | 0,663            |
| 4                                         | 1,300             | 18,700           | 0,662            |
| 8                                         | 1,314             | 18,686           | 0,660            |
| 15                                        | 1,325             | 18,675           | 0,660            |
| 30                                        | 1,343             | 18,657           | 0,658            |
| 60                                        | 1,352             | 18,648           | 0,657            |
| 120                                       | 1,359             | 18,641           | 0,657            |



| FASE DE CISLHAMENTO - TENSÃO NORMAL DE 1,00 kgf/cm <sup>2</sup> |                     |                        |                                  |                    |                     |                        |                                  |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------|---------------------|------------------------|----------------------------------|
| Desl. Hor.<br>(mm)                                              | Desl. Vert.<br>(mm) | Leitura<br>Força (kgf) | Tensão<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Desl. Hor.<br>(mm) | Desl. Vert.<br>(mm) | Leitura<br>Força (kgf) | Tensão<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| 0,1                                                             | 0,013               | 0,111                  | 0,004                            | 3,0                | 0,480               | 24,706                 | 1,017                            |
| 0,2                                                             | 0,016               | 1,544                  | 0,060                            | 3,5                | 0,489               | 24,212                 | 1,008                            |
| 0,3                                                             | 0,027               | 6,558                  | 0,256                            | 4,0                | 0,490               | 23,750                 | 0,999                            |
| 0,4                                                             | 0,061               | 8,994                  | 0,351                            | 4,5                | 0,494               | 23,846                 | 1,014                            |
| 0,5                                                             | 0,088               | 10,538                 | 0,412                            | 5,0                | 0,497               | 23,750                 | 1,021                            |
| 0,6                                                             | 0,124               | 11,939                 | 0,468                            | 6,0                | 0,502               | 23,082                 | 1,014                            |
| 0,7                                                             | 0,146               | 13,069                 | 0,514                            | 7,0                | 0,511               | 22,493                 | 1,011                            |
| 0,8                                                             | 0,169               | 14,056                 | 0,553                            | 8,0                | 0,526               | 22,588                 | 1,039                            |
| 0,9                                                             | 0,190               | 14,963                 | 0,590                            |                    |                     |                        |                                  |
| 1,0                                                             | 0,211               | 15,743                 | 0,622                            |                    |                     |                        |                                  |
| 1,2                                                             | 0,251               | 17,208                 | 0,683                            |                    |                     |                        |                                  |
| 1,4                                                             | 0,290               | 18,545                 | 0,739                            |                    |                     |                        |                                  |
| 1,6                                                             | 0,322               | 19,755                 | 0,790                            |                    |                     |                        |                                  |
| 1,8                                                             | 0,354               | 20,630                 | 0,829                            |                    |                     |                        |                                  |
| 2,0                                                             | 0,382               | 21,522                 | 0,868                            |                    |                     |                        |                                  |
| 2,5                                                             | 0,443               | 23,337                 | 0,951                            |                    |                     |                        |                                  |



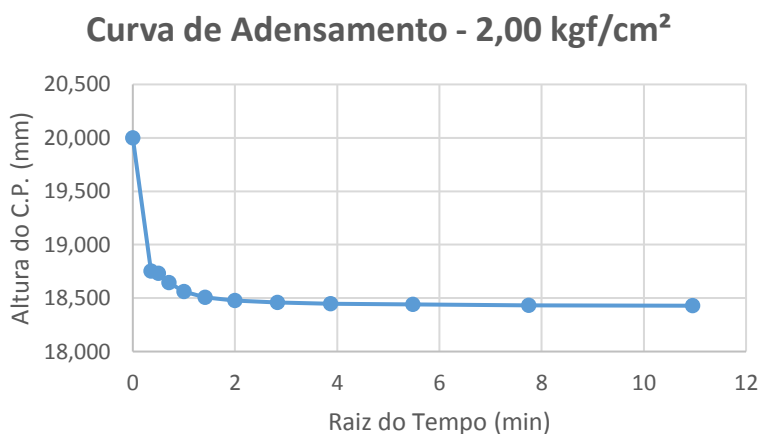
# ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO DO SOLO - TENSÃO NORMAL DE 2,00 kgf/cm<sup>2</sup>

|           |                                                      |                       |                          |
|-----------|------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Local:    | ADE Centro Norte - Ceilândia/DF - Bacias de Retenção |                       |                          |
| Amostra:  | Amostra 01 - Entre Bacias 02 e 03                    | Moldagem:             | Moldagem de Amostra Ind. |
| Operador: | João Pedro                                           | Prof. da Amostra (m): | 1,25                     |
| Data:     | 09/04/2020                                           | Vel. De Cis. (mm/min) | 0,10                     |

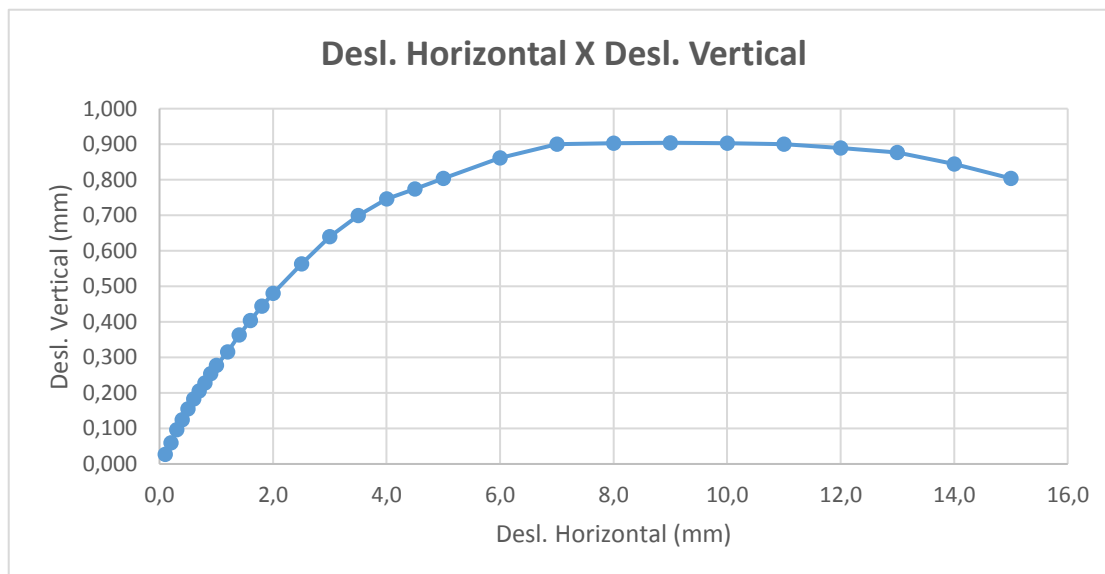
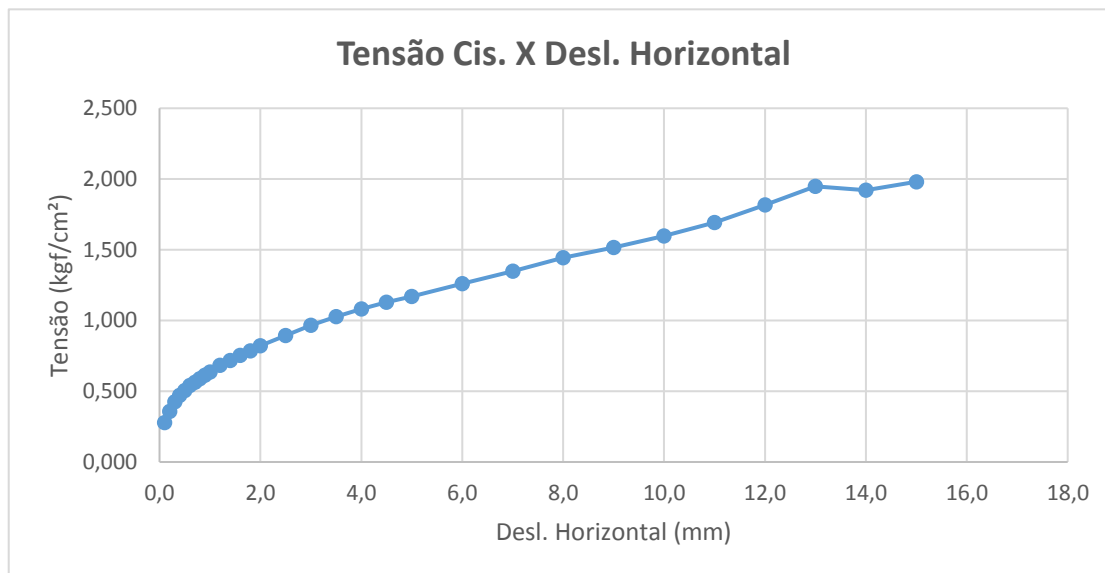
| DADOS FINAIS DO CORPO DE PROVA (C.P.) |        |                                                     |       |
|---------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------|-------|
| Altura (cm)                           | 1,84   | Massa específica<br>apar. seca (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,68  |
| Lado (cm)                             | 5,08   |                                                     |       |
| Área (cm <sup>2</sup> )               | 25,81  | Massa específica<br>dos grãos (g/cm <sup>3</sup> )  | 2,80  |
| Volume (cm <sup>3</sup> )             | 47,56  |                                                     |       |
| Massa do molde (g)                    | 84,90  | Massa específica<br>da água (g/cm <sup>3</sup> )    | 1,00  |
| Massa C.P. + molde (g)                | 179,00 |                                                     |       |
| Massa C.P. úmido (g)                  | 94,10  | Índice de Vazios - e                                | 0,670 |
| Massa C.P. seco(g)                    | 79,74  | Altura dos sólidos (cm)                             | 1,10  |

| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE |         |       |       |       |
|-------------------------|---------|-------|-------|-------|
|                         | INICIAL |       | FINAL |       |
| Cápsula Nº              | 112     | 108   | 104   | 156   |
| Tara (g)                | 11,3    | 13,9  | 14,6  | 14,1  |
| Tara + Solo úmido (g)   | 61,8    | 72,8  | 56,2  | 55,4  |
| Tara + Solo seco (g)    | 54,1    | 63,8  | 48,6  | 47,6  |
| Água (g)                | 7,7     | 9,0   | 7,6   | 7,8   |
| Solo Seco (g)           | 42,8    | 49,9  | 34,0  | 33,5  |
| Umidade (%)             | 17,99   | 18,04 | 22,35 | 23,28 |
| Média da Umidade (%)    | 18,01   |       | 22,82 |       |

| FASE DE ADENSAMENTO                       |                   |                  |                  |
|-------------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| TENSÃO NORMAL DE 2,00 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  |
| Tempo (min)                               | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios |
| 0                                         | 0,000             | 20,000           | 0,812            |
| 0,125                                     | 1,246             | 18,754           | 0,699            |
| 0,25                                      | 1,268             | 18,732           | 0,698            |
| 0,5                                       | 1,355             | 18,645           | 0,690            |
| 1                                         | 1,438             | 18,562           | 0,682            |
| 2                                         | 1,493             | 18,507           | 0,677            |
| 4                                         | 1,522             | 18,478           | 0,674            |
| 8                                         | 1,540             | 18,460           | 0,673            |
| 15                                        | 1,552             | 18,448           | 0,672            |
| 30                                        | 1,560             | 18,440           | 0,671            |
| 60                                        | 1,566             | 18,434           | 0,670            |
| 120                                       | 1,571             | 18,429           | 0,670            |



| FASE DE CISLHAMENTO - TENSÃO NORMAL DE 2,00 kgf/cm <sup>2</sup> |                     |                        |                                  |                    |                     |                        |                                  |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------|---------------------|------------------------|----------------------------------|
| Desl. Hor.<br>(mm)                                              | Desl. Vert.<br>(mm) | Leitura<br>Força (kgf) | Tensão<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | Desl. Hor.<br>(mm) | Desl. Vert.<br>(mm) | Leitura<br>Força (kgf) | Tensão<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| 0,1                                                             | 0,027               | 7,181                  | 0,279                            | 3,0                | 0,640               | 23,457                 | 0,966                            |
| 0,2                                                             | 0,060               | 9,199                  | 0,358                            | 3,5                | 0,699               | 24,698                 | 1,028                            |
| 0,3                                                             | 0,096               | 10,926                 | 0,426                            | 4,0                | 0,746               | 25,712                 | 1,082                            |
| 0,4                                                             | 0,124               | 12,034                 | 0,470                            | 4,5                | 0,774               | 26,561                 | 1,129                            |
| 0,5                                                             | 0,155               | 12,892                 | 0,505                            | 5,0                | 0,804               | 27,233                 | 1,171                            |
| 0,6                                                             | 0,183               | 13,762                 | 0,540                            | 6,0                | 0,862               | 28,661                 | 1,259                            |
| 0,7                                                             | 0,205               | 14,362                 | 0,564                            | 7,0                | 0,900               | 30,017                 | 1,349                            |
| 0,8                                                             | 0,228               | 14,920                 | 0,587                            | 8,0                | 0,902               | 31,403                 | 1,444                            |
| 0,9                                                             | 0,254               | 15,521                 | 0,612                            | 9,0                | 0,904               | 32,210                 | 1,517                            |
| 1,0                                                             | 0,278               | 16,059                 | 0,635                            | 10,0               | 0,903               | 33,121                 | 1,598                            |
| 1,2                                                             | 0,315               | 17,217                 | 0,683                            | 11,0               | 0,900               | 34,228                 | 1,693                            |
| 1,4                                                             | 0,363               | 18,025                 | 0,718                            | 12,0               | 0,890               | 35,821                 | 1,817                            |
| 1,6                                                             | 0,403               | 18,821                 | 0,753                            | 13,0               | 0,876               | 37,404                 | 1,948                            |
| 1,8                                                             | 0,445               | 19,556                 | 0,786                            | 14,0               | 0,845               | 35,894                 | 1,920                            |
| 2,0                                                             | 0,480               | 20,342                 | 0,821                            | 15,0               | 0,803               | 36,018                 | 1,981                            |
| 2,5                                                             | 0,563               | 21,946                 | 0,894                            | 16,001             | 0,761               | 36,018                 |                                  |



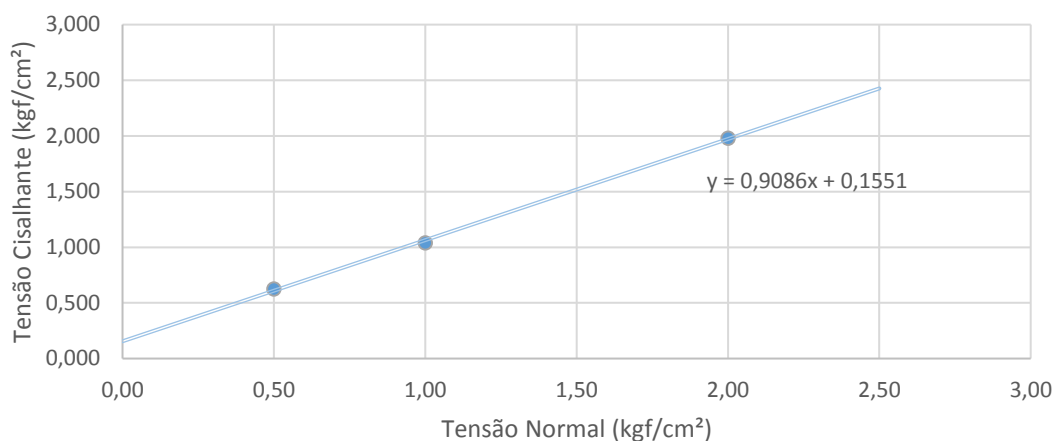
# ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO DO SOLO - COEFICIENTES C E ANG. DE ATRITO

|           |                                                      |                       |                          |
|-----------|------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Local:    | ADE Centro Norte - Ceilândia/DF - Bacias de Retenção |                       |                          |
| Amostra:  | Amostra 01 - Entre Bacias 02 e 03                    | Moldagem:             | Moldagem de Amostra Ind. |
| Operador: | João Pedro                                           | Prof. da Amostra (m): | 1,25                     |
| Data:     | 16/04/2020                                           | Vel. De Cis. (mm/min) | 0,10                     |

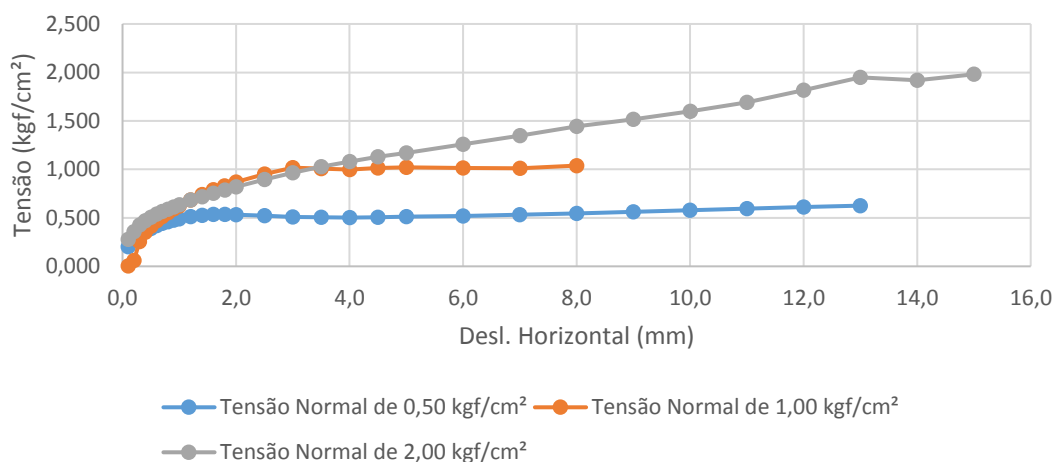
| MÁXIMAS TENSÕES DE CISALHAMENTO OBTIDAS |                                          |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| TENSÃO NORMAL (kgf/cm <sup>2</sup> )    | TENSÃO CISALHANTE (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| 0,50                                    | 0,626                                    |
| 1,00                                    | 1,039                                    |
| 2,00                                    | 1,981                                    |

| Coeficientes                      |       |
|-----------------------------------|-------|
| Coesão - c (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 0,16  |
| Ângulo de Atrito - $\phi$ (°)     | 42,26 |

## Envoltória de Tensões



## Desl. Horizontal X Tensão Cisalhante



## Anexo 05- Resultado dos Ensaio de Adensamento Natural e Inundado.

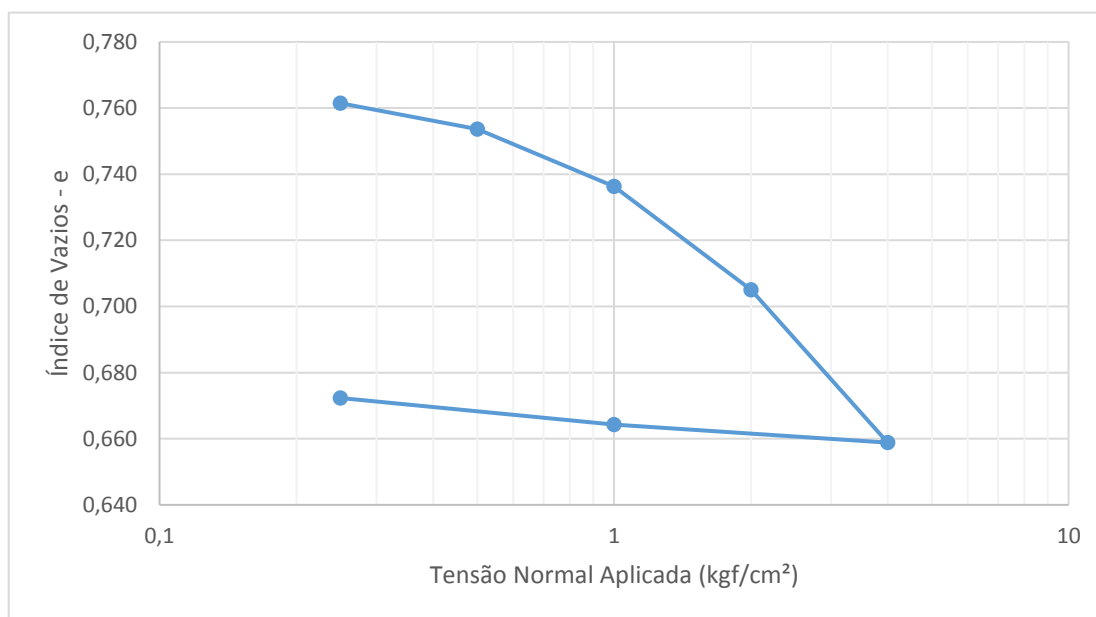
# ENSAIO DE ADENSAMENTO UNIDIMENSIONAL DO SOLO (AMOSTRA NATURAL)

|           |                                                      |                       |                          |
|-----------|------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Local:    | ADE Centro Norte - Ceilândia/DF - Bacias de Retenção |                       |                          |
| Amostra:  | Amostra 01 - Entre Bacias 02 e 03                    | Moldagem:             | Moldagem de Amostra Ind. |
| Operador: | João Pedro                                           | Prof. da Amostra (m): | 1,25                     |
| Data:     | 01/04/2020                                           |                       |                          |

| DADOS DO CORPO DE PROVA (C.P.)       |         |       |                                     |         |       |
|--------------------------------------|---------|-------|-------------------------------------|---------|-------|
|                                      | INICIAL | FINAL |                                     | INICIAL | FINAL |
| Altura (cm)                          | 2,00    | 1,85  | Massa específica apar. seca (g/cm³) | 1,52    | 1,64  |
| Diâmetro (cm)                        | 7,20    | 7,20  |                                     |         |       |
| Área (cm²)                           | 40,72   | 40,72 | Massa específica dos grãos (g/cm³)  | 2,80    | 2,80  |
| Volume (cm³)                         | 81,43   | 75,46 |                                     |         |       |
| Massa do anel (g)                    | 58,40   | -     | Massa específica da água (g/cm³)    | 1,00    | 1,00  |
| Massa C.P. + anel (g)                | 201,50  | -     |                                     |         |       |
| Massa C.P. (g)                       | 143,10  | -     | Índice de Vazios - e                | 0,840   | 0,659 |
| Massa específica apar. úmida (g/cm³) | 1,76    | 1,90  | Grau de Saturação (%)               | 51,60   | 66,41 |
|                                      |         |       | Altura dos sólidos (cm)             | 1,09    | 1,09  |

| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE |         |       |       |       |
|-------------------------|---------|-------|-------|-------|
|                         | INICIAL |       | FINAL |       |
| Cápsula Nº              | 73      | 97    | 106   | 140   |
| Tara (g)                | 12,1    | 13,6  | 14,10 | 14,00 |
| Tara + Solo úmido (g)   | 58,8    | 48,0  | 73,00 | 79,30 |
| Tara + Solo seco (g)    | 52,8    | 43,2  | 65,20 | 70,30 |
| Água (g)                | 6,00    | 4,80  | 7,80  | 9,00  |
| Solo Seco (g)           | 40,70   | 29,60 | 51,10 | 56,30 |
| Umidade (%)             | 14,74   | 16,22 | 15,26 | 15,99 |
| Média da Umidade (%)    | 15,48   |       | 15,62 |       |

## CURVA DE ÍNDICE DE VAZIOS X TENSÃO NORMAL APLICADA



**LEITURAS DOS CARREGAMENTOS DA AMOSTRA NATURAL**

| TENSÃO DE 0,25 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  | TENSÃO DE 0,50 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  |
|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Tempo (min)                        | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios | Tempo (min)                        | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios |
| 0                                  | 0,000             | 20,000           | 0,840            | 0                                  | 0,853             | 19,147           | 0,761            |
| 0,016                              | 0,823             | 19,177           | 0,764            | 0,016                              | 0,891             | 19,109           | 0,758            |
| 0,033                              | 0,826             | 19,174           | 0,764            | 0,033                              | 0,893             | 19,107           | 0,758            |
| 0,05                               | 0,827             | 19,173           | 0,764            | 0,05                               | 0,894             | 19,106           | 0,758            |
| 0,066                              | 0,828             | 19,172           | 0,764            | 0,066                              | 0,896             | 19,104           | 0,758            |
| 0,083                              | 0,829             | 19,171           | 0,764            | 0,083                              | 0,896             | 19,104           | 0,757            |
| 0,1                                | 0,830             | 19,170           | 0,764            | 0,1                                | 0,898             | 19,102           | 0,757            |
| 0,125                              | 0,830             | 19,170           | 0,764            | 0,125                              | 0,898             | 19,102           | 0,757            |
| 0,25                               | 0,833             | 19,167           | 0,763            | 0,25                               | 0,902             | 19,098           | 0,757            |
| 0,5                                | 0,836             | 19,164           | 0,763            | 0,5                                | 0,906             | 19,094           | 0,757            |
| 1                                  | 0,840             | 19,160           | 0,763            | 1                                  | 0,910             | 19,090           | 0,756            |
| 2                                  | 0,842             | 19,158           | 0,762            | 2                                  | 0,914             | 19,086           | 0,756            |
| 4                                  | 0,844             | 19,156           | 0,762            | 4                                  | 0,917             | 19,083           | 0,756            |
| 8                                  | 0,846             | 19,154           | 0,762            | 8                                  | 0,920             | 19,080           | 0,755            |
| 15                                 | 0,847             | 19,153           | 0,762            | 15                                 | 0,923             | 19,077           | 0,755            |
| 30                                 | 0,849             | 19,151           | 0,762            | 30                                 | 0,928             | 19,072           | 0,755            |
| 60                                 | 0,849             | 19,151           | 0,762            | 60                                 | 0,931             | 19,069           | 0,754            |
| 120                                | 0,851             | 19,149           | 0,762            | 120                                | 0,933             | 19,067           | 0,754            |
| 240                                | 0,852             | 19,148           | 0,762            | 240                                | 0,936             | 19,064           | 0,754            |
| 480                                | 0,852             | 19,148           | 0,762            | 480                                | 0,937             | 19,063           | 0,754            |
| 1440                               | 0,853             | 19,147           | 0,761            | 1440                               | 0,938             | 19,062           | 0,754            |

| TENSÃO DE 1,00 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  | TENSÃO DE 2,00 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  |
|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Tempo (min)                        | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios | Tempo (min)                        | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios |
| 0                                  | 0,938             | 19,062           | 0,754            | 0                                  | 1,127             | 18,873           | 0,736            |
| 0,016                              | 1,042             | 18,958           | 0,744            | 0,016                              | 1,323             | 18,677           | 0,718            |
| 0,033                              | 1,045             | 18,955           | 0,744            | 0,033                              | 1,332             | 18,668           | 0,717            |
| 0,05                               | 1,048             | 18,952           | 0,744            | 0,05                               | 1,340             | 18,660           | 0,717            |
| 0,066                              | 1,050             | 18,950           | 0,743            | 0,066                              | 1,344             | 18,656           | 0,716            |
| 0,083                              | 1,052             | 18,948           | 0,743            | 0,083                              | 1,348             | 18,652           | 0,716            |
| 0,1                                | 1,054             | 18,946           | 0,743            | 0,1                                | 1,351             | 18,649           | 0,716            |
| 0,125                              | 1,055             | 18,945           | 0,743            | 0,125                              | 1,353             | 18,647           | 0,715            |
| 0,25                               | 1,063             | 18,937           | 0,742            | 0,25                               | 1,367             | 18,633           | 0,714            |
| 0,5                                | 1,070             | 18,930           | 0,742            | 0,5                                | 1,381             | 18,619           | 0,713            |
| 1                                  | 1,077             | 18,923           | 0,741            | 1                                  | 1,395             | 18,605           | 0,712            |
| 2                                  | 1,085             | 18,915           | 0,740            | 2                                  | 1,408             | 18,592           | 0,710            |
| 4                                  | 1,092             | 18,908           | 0,739            | 4                                  | 1,421             | 18,579           | 0,709            |
| 8                                  | 1,099             | 18,901           | 0,739            | 8                                  | 1,430             | 18,570           | 0,708            |
| 15                                 | 1,105             | 18,895           | 0,738            | 15                                 | 1,438             | 18,562           | 0,708            |
| 30                                 | 1,109             | 18,891           | 0,738            | 30                                 | 1,443             | 18,557           | 0,707            |
| 60                                 | 1,112             | 18,888           | 0,738            | 60                                 | 1,449             | 18,551           | 0,707            |
| 120                                | 1,115             | 18,885           | 0,737            | 120                                | 1,454             | 18,546           | 0,706            |
| 240                                | 1,118             | 18,882           | 0,737            | 240                                | 1,457             | 18,543           | 0,706            |
| 480                                | 1,122             | 18,878           | 0,737            | 480                                | 1,462             | 18,538           | 0,705            |
| 1440                               | 1,127             | 18,873           | 0,736            | 1440                               | 1,466             | 18,534           | 0,705            |

**LEITURAS DOS CARREGAMENTOS DA AMOSTRA NATURAL**

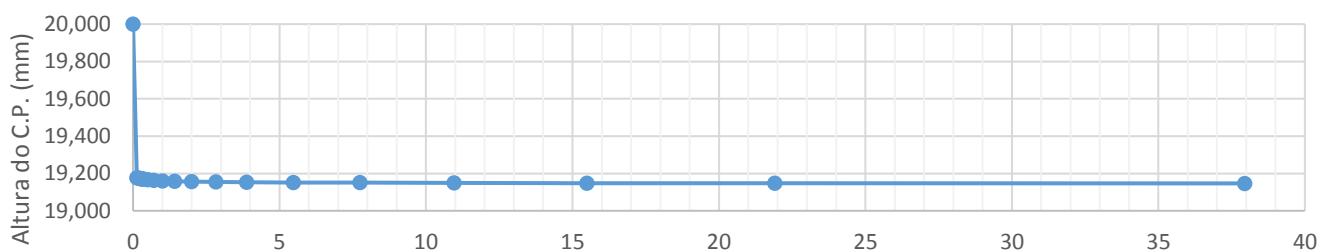
| TENSÃO DE 4,00 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  |
|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Tempo (min)                        | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios |
| 0                                  | 1,466             | 18,534           | 0,705            |
| 0,016                              | 1,826             | 18,174           | 0,672            |
| 0,033                              | 1,829             | 18,171           | 0,672            |
| 0,05                               | 1,831             | 18,169           | 0,671            |
| 0,066                              | 1,834             | 18,166           | 0,671            |
| 0,083                              | 1,836             | 18,164           | 0,671            |
| 0,1                                | 1,838             | 18,162           | 0,671            |
| 0,125                              | 1,840             | 18,160           | 0,671            |
| 0,25                               | 1,852             | 18,148           | 0,670            |
| 0,5                                | 1,865             | 18,135           | 0,668            |
| 1                                  | 1,880             | 18,120           | 0,667            |
| 2                                  | 1,893             | 18,107           | 0,666            |
| 4                                  | 1,908             | 18,092           | 0,664            |
| 8                                  | 1,921             | 18,079           | 0,663            |
| 15                                 | 1,932             | 18,068           | 0,662            |
| 30                                 | 1,942             | 18,058           | 0,661            |
| 60                                 | 1,948             | 18,052           | 0,661            |
| 120                                | 1,954             | 18,046           | 0,660            |
| 240                                | 1,958             | 18,042           | 0,660            |
| 480                                | 1,963             | 18,037           | 0,659            |
| 1440                               | 1,969             | 18,031           | 0,659            |

**LEITURAS DOS DESCARREGAMENTOS DA AMOSTRA NATURAL**

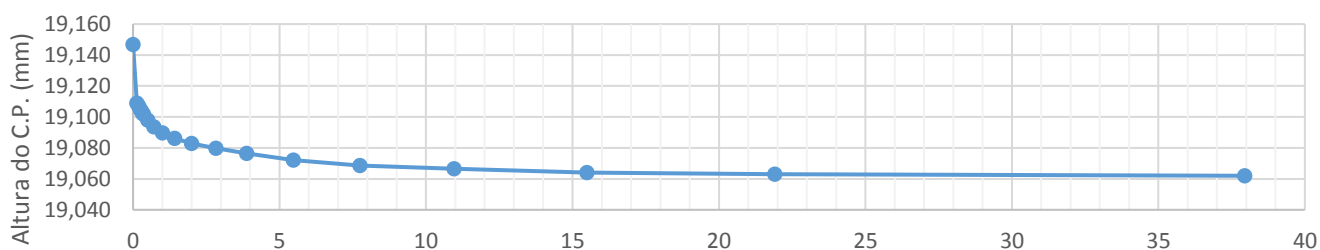
| TENSÃO DE 2,00 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  | TENSÃO DE 0,25 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  |
|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Tempo (min)                        | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios | Tempo (min)                        | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios |
| 0                                  | 1,969             | 18,031           | 0,659            | 0                                  | 1,910             | 18,090           | 0,664            |
| 0,016                              | 1,930             | 18,070           | 0,662            | 0,016                              | 1,848             | 18,152           | 0,670            |
| 0,033                              | 1,929             | 18,071           | 0,662            | 0,033                              | 1,844             | 18,156           | 0,670            |
| 0,05                               | 1,928             | 18,072           | 0,663            | 0,05                               | 1,843             | 18,157           | 0,670            |
| 0,066                              | 1,927             | 18,073           | 0,663            | 0,066                              | 1,843             | 18,157           | 0,670            |
| 0,083                              | 1,925             | 18,075           | 0,663            | 0,083                              | 1,843             | 18,157           | 0,670            |
| 0,1                                | 1,925             | 18,075           | 0,663            | 0,1                                | 1,842             | 18,158           | 0,670            |
| 0,125                              | 1,925             | 18,075           | 0,663            | 0,125                              | 1,842             | 18,158           | 0,670            |
| 0,25                               | 1,923             | 18,077           | 0,663            | 0,25                               | 1,842             | 18,158           | 0,670            |
| 0,5                                | 1,923             | 18,077           | 0,663            | 0,5                                | 1,841             | 18,159           | 0,671            |
| 1                                  | 1,922             | 18,078           | 0,663            | 1                                  | 1,840             | 18,160           | 0,671            |
| 2                                  | 1,921             | 18,079           | 0,663            | 2                                  | 1,839             | 18,161           | 0,671            |
| 4                                  | 1,919             | 18,081           | 0,663            | 4                                  | 1,837             | 18,163           | 0,671            |
| 8                                  | 1,918             | 18,082           | 0,663            | 8                                  | 1,835             | 18,165           | 0,671            |
| 15                                 | 1,917             | 18,083           | 0,664            | 15                                 | 1,833             | 18,167           | 0,671            |
| 30                                 | 1,916             | 18,084           | 0,664            | 30                                 | 1,831             | 18,169           | 0,672            |
| 60                                 | 1,914             | 18,086           | 0,664            | 60                                 | 1,828             | 18,172           | 0,672            |
| 120                                | 1,913             | 18,087           | 0,664            | 120                                | 1,826             | 18,174           | 0,672            |
| 240                                | 1,912             | 18,088           | 0,664            | 240                                | 1,825             | 18,175           | 0,672            |
| 480                                | 1,911             | 18,089           | 0,664            | 480                                | 1,824             | 18,176           | 0,672            |
| 1440                               | 1,910             | 18,090           | 0,664            | 1440                               | 1,823             | 18,177           | 0,672            |

# CURVA DE ADENSAMENTO PARA OS ESTÁGIOS DE TENSÃO NAS AMOSTRAS NATURAIS

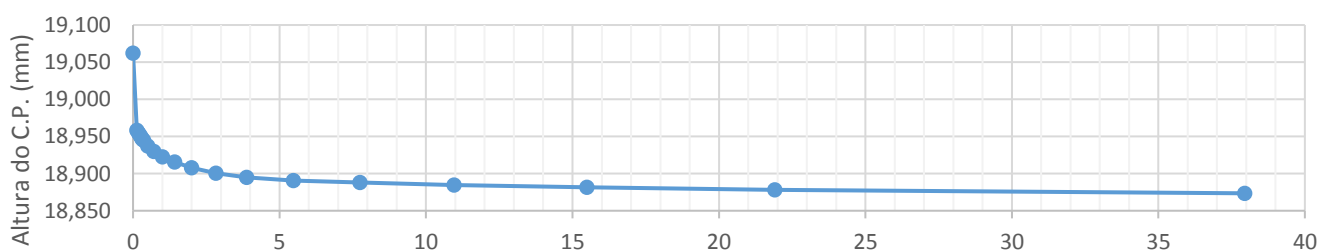
0,25 kgf/cm<sup>2</sup>



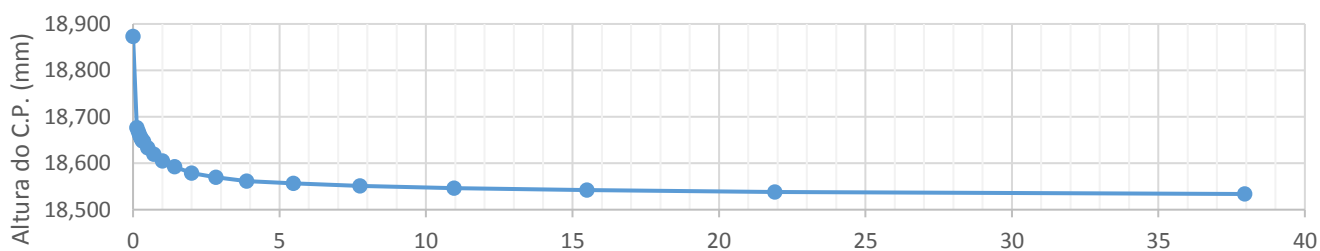
0,50 kgf/cm<sup>2</sup>



1,00 kgf/cm<sup>2</sup>



2,00 kgf/cm<sup>2</sup>



4,00 kgf/cm<sup>2</sup>



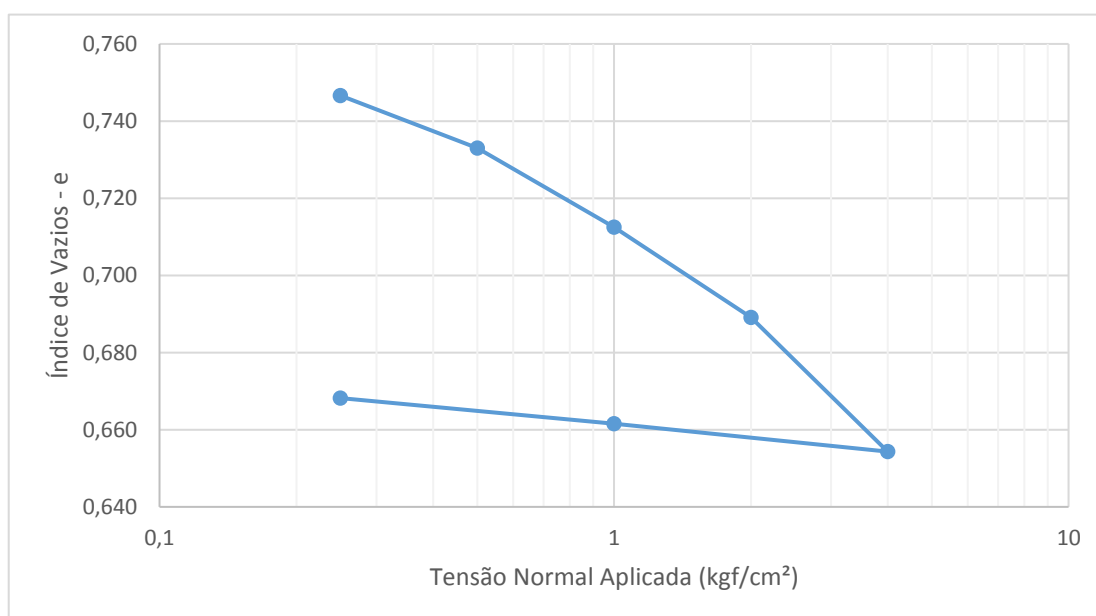
# ENSAIO DE ADENSAMENTO UNIDIMENSIONAL DO SOLO (AMOSTRA INUNDADA)

|           |                                                      |                       |                          |
|-----------|------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Local:    | ADE Centro Norte - Ceilândia/DF - Bacias de Retenção |                       |                          |
| Amostra:  | Amostra 01 - Entre Bacias 02 e 03                    | Moldagem:             | Moldagem de Amostra Ind. |
| Operador: | João Pedro                                           | Prof. da Amostra (m): | 1,25                     |
| Data:     | 09/04/2020                                           |                       |                          |

| DADOS DO CORPO DE PROVA (C.P.)       |         |       |                                     |         |       |
|--------------------------------------|---------|-------|-------------------------------------|---------|-------|
|                                      | INICIAL | FINAL |                                     | INICIAL | FINAL |
| Altura (cm)                          | 2,00    | 1,85  | Massa específica apar. seca (g/cm³) | 1,53    | 1,66  |
| Diâmetro (cm)                        | 7,20    | 7,20  |                                     |         |       |
| Área (cm²)                           | 40,72   | 40,72 | Massa específica dos grãos (g/cm³)  | 2,80    | 2,80  |
| Volume (cm³)                         | 81,43   | 75,20 |                                     |         |       |
| Massa do anel (g)                    | 65,00   | -     | Massa específica da água (g/cm³)    | 1,00    | 1,00  |
| Massa C.P. + anel (g)                | 208,80  | -     |                                     |         |       |
| Massa C.P. (g)                       | 143,80  | -     | Índice de Vazios - e                | 0,829   | 0,654 |
| Massa específica apar. úmida (g/cm³) | 1,77    | 2,02  | Grau de Saturação (%)               | 51,86   | 93,47 |
|                                      |         |       | Altura dos sólidos (cm)             | 1,09    | 1,09  |

| DETERMINAÇÃO DA UMIDADE |         |       |       |       |
|-------------------------|---------|-------|-------|-------|
|                         | INICIAL |       | FINAL |       |
| Cápsula Nº              | 130     | 122   | 150   | 40    |
| Tara (g)                | 21,8    | 14,2  | 13,20 | 12,50 |
| Tara + Solo úmido (g)   | 85,7    | 66,0  | 73,00 | 65,30 |
| Tara + Solo seco (g)    | 77,2    | 59,1  | 62,90 | 55,30 |
| Água (g)                | 8,50    | 6,90  | 10,10 | 10,00 |
| Solo Seco (g)           | 55,40   | 44,90 | 49,70 | 42,80 |
| Umidade (%)             | 15,34   | 15,37 | 20,32 | 23,36 |
| Média da Umidade (%)    | 15,36   |       | 21,84 |       |

## CURVA DE ÍNDICE DE VAZIOS X TENSÃO NORMAL APLICADA



**LEITURAS DOS CARREGAMENTOS DA AMOSTRA INUNDADA**

| TENSÃO DE 0,25 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  | TENSÃO DE 0,50 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  |
|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Tempo (min)                        | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios | Tempo (min)                        | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios |
| 0                                  | 0,000             | 20,000           | 0,829            | 0                                  | 0,901             | 19,099           | 0,747            |
| 0,016                              | 0,831             | 19,169           | 0,753            | 0,016                              | 0,976             | 19,024           | 0,740            |
| 0,033                              | 0,834             | 19,166           | 0,753            | 0,033                              | 0,982             | 19,018           | 0,739            |
| 0,05                               | 0,835             | 19,165           | 0,753            | 0,05                               | 0,986             | 19,014           | 0,739            |
| 0,066                              | 0,836             | 19,164           | 0,753            | 0,066                              | 0,988             | 19,012           | 0,739            |
| 0,083                              | 0,837             | 19,163           | 0,752            | 0,083                              | 0,989             | 19,011           | 0,739            |
| 0,1                                | 0,838             | 19,162           | 0,752            | 0,1                                | 0,991             | 19,009           | 0,738            |
| 0,125                              | 0,839             | 19,161           | 0,752            | 0,125                              | 0,993             | 19,007           | 0,738            |
| 0,25                               | 0,843             | 19,157           | 0,752            | 0,25                               | 0,999             | 19,001           | 0,738            |
| 0,5                                | 0,847             | 19,153           | 0,752            | 0,5                                | 1,004             | 18,996           | 0,737            |
| 1                                  | 0,851             | 19,149           | 0,751            | 1                                  | 1,008             | 18,992           | 0,737            |
| 2                                  | 0,855             | 19,145           | 0,751            | 2                                  | 1,013             | 18,987           | 0,736            |
| 4                                  | 0,859             | 19,141           | 0,751            | 4                                  | 1,018             | 18,982           | 0,736            |
| 8                                  | 0,872             | 19,128           | 0,749            | 8                                  | 1,024             | 18,976           | 0,735            |
| 15                                 | 0,876             | 19,124           | 0,749            | 15                                 | 1,029             | 18,971           | 0,735            |
| 30                                 | 0,883             | 19,117           | 0,748            | 30                                 | 1,034             | 18,966           | 0,734            |
| 60                                 | 0,889             | 19,111           | 0,748            | 60                                 | 1,039             | 18,961           | 0,734            |
| 120                                | 0,893             | 19,107           | 0,747            | 120                                | 1,041             | 18,959           | 0,734            |
| 240                                | 0,896             | 19,104           | 0,747            | 240                                | 1,044             | 18,956           | 0,734            |
| 480                                | 0,898             | 19,102           | 0,747            | 480                                | 1,046             | 18,954           | 0,733            |
| 1440                               | 0,901             | 19,099           | 0,747            | 1440                               | 1,050             | 18,950           | 0,733            |

| TENSÃO DE 1,00 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  | TENSÃO DE 2,00 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  |
|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Tempo (min)                        | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios | Tempo (min)                        | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios |
| 0                                  | 1,050             | 18,950           | 0,733            | 0                                  | 1,274             | 18,726           | 0,713            |
| 0,016                              | 1,188             | 18,812           | 0,720            | 0,016                              | 1,413             | 18,587           | 0,700            |
| 0,033                              | 1,192             | 18,808           | 0,720            | 0,033                              | 1,419             | 18,581           | 0,699            |
| 0,05                               | 1,195             | 18,805           | 0,720            | 0,05                               | 1,424             | 18,576           | 0,699            |
| 0,066                              | 1,198             | 18,802           | 0,719            | 0,066                              | 1,427             | 18,573           | 0,698            |
| 0,083                              | 1,200             | 18,800           | 0,719            | 0,083                              | 1,430             | 18,570           | 0,698            |
| 0,1                                | 1,203             | 18,797           | 0,719            | 0,1                                | 1,432             | 18,568           | 0,698            |
| 0,125                              | 1,204             | 18,796           | 0,719            | 0,125                              | 1,435             | 18,565           | 0,698            |
| 0,25                               | 1,213             | 18,787           | 0,718            | 0,25                               | 1,449             | 18,551           | 0,696            |
| 0,5                                | 1,220             | 18,780           | 0,717            | 0,5                                | 1,460             | 18,540           | 0,696            |
| 1                                  | 1,226             | 18,774           | 0,717            | 1                                  | 1,470             | 18,530           | 0,695            |
| 2                                  | 1,231             | 18,769           | 0,716            | 2                                  | 1,480             | 18,520           | 0,694            |
| 4                                  | 1,236             | 18,764           | 0,716            | 4                                  | 1,490             | 18,510           | 0,693            |
| 8                                  | 1,241             | 18,759           | 0,716            | 8                                  | 1,498             | 18,502           | 0,692            |
| 15                                 | 1,247             | 18,753           | 0,715            | 15                                 | 1,504             | 18,496           | 0,691            |
| 30                                 | 1,252             | 18,748           | 0,715            | 30                                 | 1,511             | 18,489           | 0,691            |
| 60                                 | 1,257             | 18,743           | 0,714            | 60                                 | 1,516             | 18,484           | 0,690            |
| 120                                | 1,262             | 18,738           | 0,714            | 120                                | 1,520             | 18,480           | 0,690            |
| 240                                | 1,266             | 18,734           | 0,713            | 240                                | 1,524             | 18,476           | 0,690            |
| 480                                | 1,270             | 18,730           | 0,713            | 480                                | 1,527             | 18,473           | 0,689            |
| 1440                               | 1,274             | 18,726           | 0,713            | 1440                               | 1,530             | 18,470           | 0,689            |

**LEITURAS DOS CARREGAMENTOS DA AMOSTRA INUNDADA**

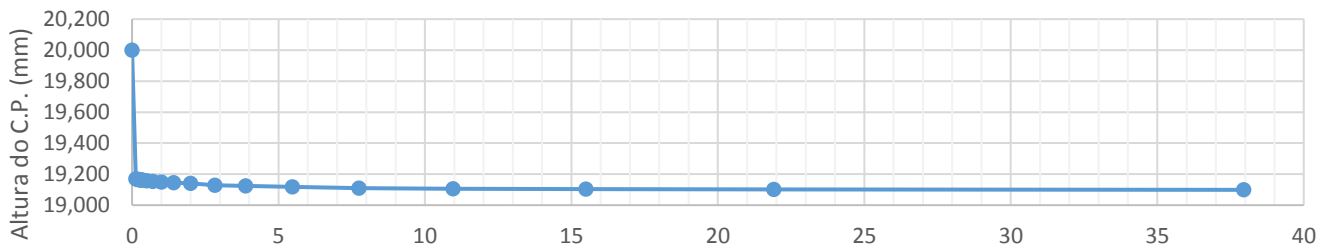
| TENSÃO DE 4,00 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  |
|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Tempo (min)                        | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios |
| 0                                  | 1,530             | 18,470           | 0,689            |
| 0,016                              | 1,749             | 18,251           | 0,669            |
| 0,033                              | 1,760             | 18,240           | 0,668            |
| 0,05                               | 1,767             | 18,233           | 0,667            |
| 0,066                              | 1,773             | 18,227           | 0,667            |
| 0,083                              | 1,777             | 18,223           | 0,666            |
| 0,1                                | 1,782             | 18,218           | 0,666            |
| 0,125                              | 1,786             | 18,214           | 0,666            |
| 0,25                               | 1,802             | 18,198           | 0,664            |
| 0,5                                | 1,816             | 18,184           | 0,663            |
| 1                                  | 1,830             | 18,170           | 0,662            |
| 2                                  | 1,844             | 18,156           | 0,660            |
| 4                                  | 1,854             | 18,146           | 0,659            |
| 8                                  | 1,864             | 18,136           | 0,659            |
| 15                                 | 1,872             | 18,128           | 0,658            |
| 30                                 | 1,880             | 18,120           | 0,657            |
| 60                                 | 1,887             | 18,113           | 0,656            |
| 120                                | 1,894             | 18,106           | 0,656            |
| 240                                | 1,900             | 18,100           | 0,655            |
| 480                                | 1,905             | 18,095           | 0,655            |
| 1440                               | 1,910             | 18,090           | 0,654            |

**LEITURAS DOS DESCARREGAMENTOS DA AMOSTRA INUNDADA**

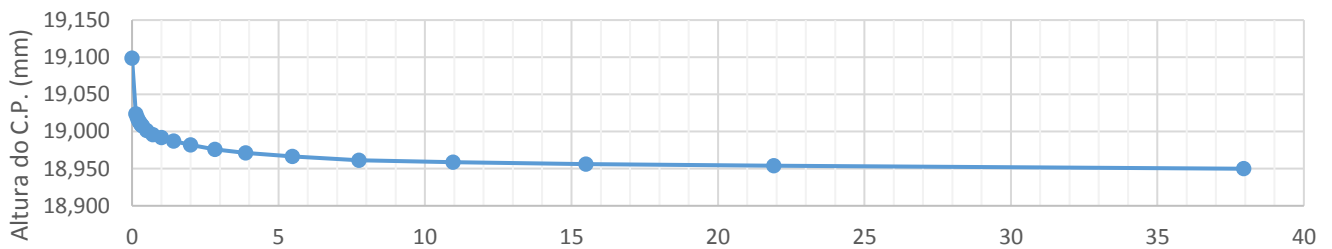
| TENSÃO DE 2,00 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  | TENSÃO DE 0,25 kgf/cm <sup>2</sup> |                   |                  |                  |
|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Tempo (min)                        | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios | Tempo (min)                        | Leitura LVDT (mm) | Altura C.P. (mm) | Índice de Vazios |
| 0                                  | 1,910             | 18,090           | 0,654            | 0                                  | 1,831             | 18,169           | 0,662            |
| 0,016                              | 1,854             | 18,146           | 0,659            | 0,016                              | 1,792             | 18,208           | 0,665            |
| 0,033                              | 1,852             | 18,148           | 0,660            | 0,033                              | 1,791             | 18,209           | 0,665            |
| 0,05                               | 1,848             | 18,152           | 0,660            | 0,05                               | 1,790             | 18,210           | 0,665            |
| 0,066                              | 1,848             | 18,152           | 0,660            | 0,066                              | 1,790             | 18,210           | 0,665            |
| 0,083                              | 1,847             | 18,153           | 0,660            | 0,083                              | 1,789             | 18,211           | 0,665            |
| 0,1                                | 1,847             | 18,153           | 0,660            | 0,1                                | 1,789             | 18,211           | 0,665            |
| 0,125                              | 1,847             | 18,153           | 0,660            | 0,125                              | 1,789             | 18,211           | 0,665            |
| 0,25                               | 1,846             | 18,154           | 0,660            | 0,25                               | 1,786             | 18,214           | 0,666            |
| 0,5                                | 1,845             | 18,155           | 0,660            | 0,5                                | 1,777             | 18,223           | 0,667            |
| 1                                  | 1,844             | 18,156           | 0,660            | 1                                  | 1,776             | 18,224           | 0,667            |
| 2                                  | 1,842             | 18,158           | 0,661            | 2                                  | 1,775             | 18,225           | 0,667            |
| 4                                  | 1,841             | 18,159           | 0,661            | 4                                  | 1,772             | 18,228           | 0,667            |
| 8                                  | 1,840             | 18,160           | 0,661            | 8                                  | 1,770             | 18,230           | 0,667            |
| 15                                 | 1,838             | 18,162           | 0,661            | 15                                 | 1,769             | 18,231           | 0,667            |
| 30                                 | 1,837             | 18,163           | 0,661            | 30                                 | 1,766             | 18,234           | 0,667            |
| 60                                 | 1,836             | 18,164           | 0,661            | 60                                 | 1,764             | 18,236           | 0,668            |
| 120                                | 1,835             | 18,165           | 0,661            | 120                                | 1,762             | 18,238           | 0,668            |
| 240                                | 1,834             | 18,166           | 0,661            | 240                                | 1,761             | 18,239           | 0,668            |
| 480                                | 1,832             | 18,168           | 0,661            | 480                                | 1,760             | 18,240           | 0,668            |
| 1440                               | 1,831             | 18,169           | 0,662            | 1440                               | 1,759             | 18,241           | 0,668            |

# CURVA DE ADENSAMENTO PARA OS ESTÁGIOS DE TENSÃO NAS AMOSTRAS INUNDADAS

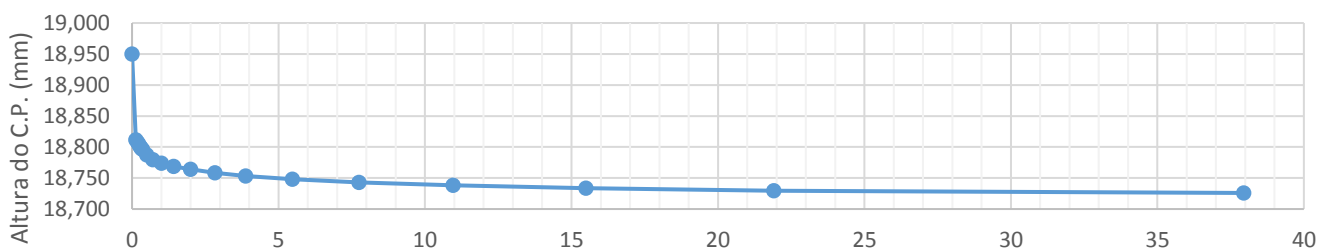
0,25 kgf/cm<sup>2</sup>



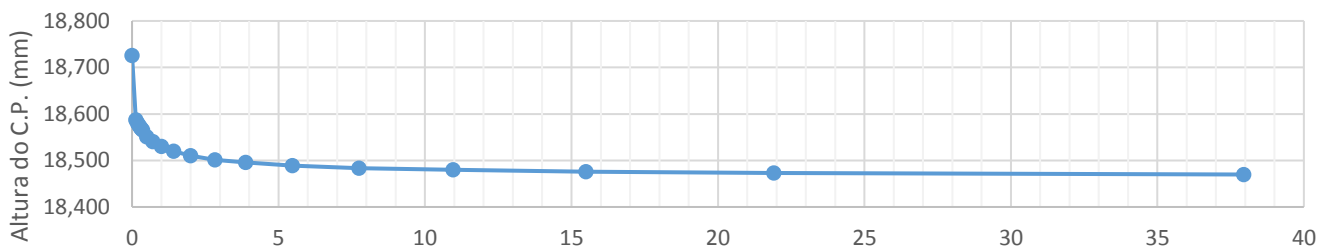
0,50 kgf/cm<sup>2</sup>



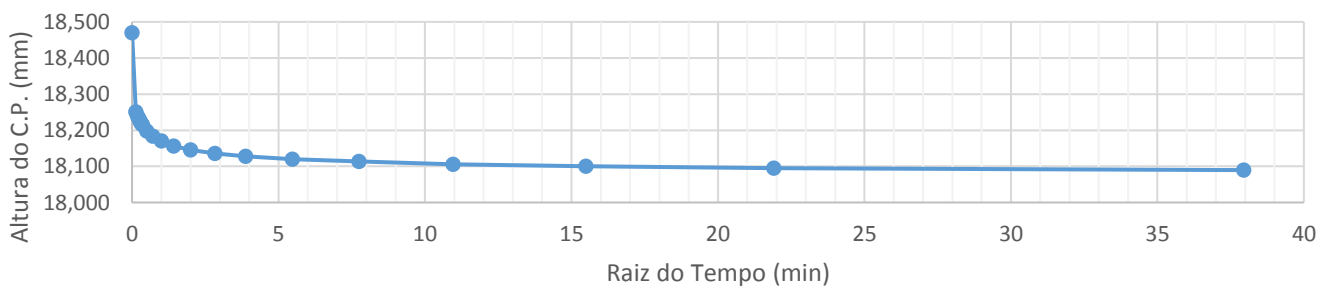
1,00 kgf/cm<sup>2</sup>



2,00 kgf/cm<sup>2</sup>



4,00 kgf/cm<sup>2</sup>

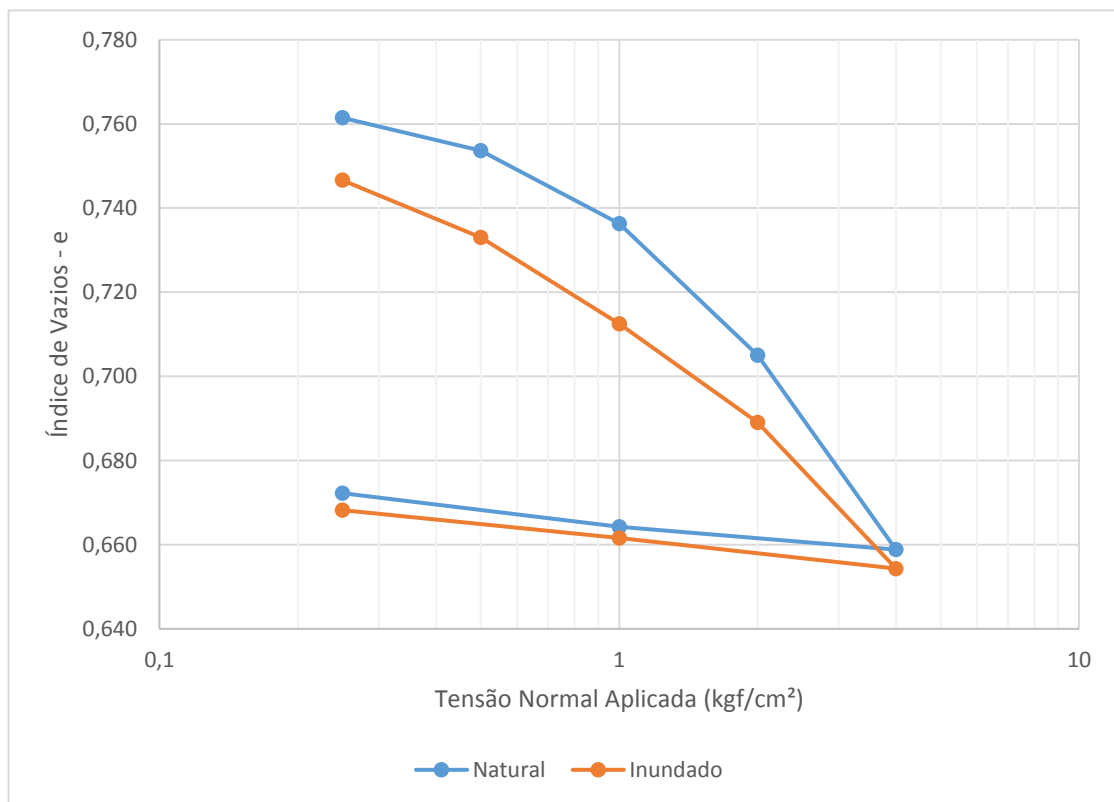


### ANÁLISE DA COLAPSIVIDADE DO SOLO - MÉTODO EDMÉTRICO DUPLO

|           |                                                      |                       |                          |
|-----------|------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Local:    | ADE Centro Norte - Ceilândia/DF - Bacias de Retenção |                       |                          |
| Amostra:  | Amostra 01 - Entre Bacias 02 e 03                    | Moldagem:             | Moldagem de Amostra Ind. |
| Operador: | João Pedro                                           | Prof. da Amostra (m): | 1,25                     |
| Data:     | 16/04/2020                                           |                       |                          |

| ANÁLISE DO POTENCIAL DE COLAPSO - MÉTODO DE VARGAS (1978) E JENNINGS E KNIGHT (1975) |                  |          |                              |                    |                 |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|------------------------------|--------------------|-----------------|--------------|
| Tensão (kgf/cm²)                                                                     | Índice de Vazios |          | Variação do Índice de Vazios | Pot. de Colap. (%) | Avaliação do PC |              |
|                                                                                      | Natural          | Inundado |                              |                    | Vargas (1978)   | J & K (1975) |
| 0,25                                                                                 | 0,761            | 0,747    | 0,015                        | 0,84               | Não Colapsível  |              |
| 0,5                                                                                  | 0,754            | 0,733    | 0,021                        | 1,18               | Não Colapsível  |              |
| 1                                                                                    | 0,736            | 0,713    | 0,024                        | 1,37               | Não Colapsível  |              |
| 2                                                                                    | 0,705            | 0,689    | 0,016                        | 0,94               | Não Colapsível  | Sem Problema |
| 4                                                                                    | 0,659            | 0,654    | 0,004                        | 0,27               | Não Colapsível  |              |
| 1                                                                                    | 0,664            | 0,662    | 0,003                        | 0,16               | Não Colapsível  |              |
| 0,25                                                                                 | 0,672            | 0,668    | 0,004                        | 0,24               | Não Colapsível  |              |

### CURVA DE ÍNDICE DE VAZIOS X TENSÃO NORMAL APLICADA



## **7 ANEXO II – MEMÓRIA DE CÁLCULO PROGRAMA SLIDE**

# ***Slide Analysis Information***

## ***SLIDE - An Interactive Slope Stability Program***

### ***Project Summary***

---

File Name: Bacia 1\_Talude 3\_1  
Slide Modeler Version: 6.003  
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program  
Date Created: 04/09/2018, 11:28:29

### ***General Settings***

---

Units of Measurement: Metric Units  
Time Units: days  
Permeability Units: meters/second  
Failure Direction: Left to Right  
Data Output: Standard  
Maximum Material Properties: 20  
Maximum Support Properties: 20

### ***Analysis Options***

---

#### **Analysis Methods Used**

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine  
Spencer

Number of slices: 25  
Tolerance: 0.005  
Maximum number of iterations: 50  
Check malpha < 0.2: Yes  
Initial trial value of FS: 1  
Steffensen Iteration: Yes

### ***Groundwater Analysis***

---

Groundwater Method: Water Surfaces  
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>  
Advanced Groundwater Method: Rapid Drawdown  
Rapid Drawdown Method: Duncan, Wright, Wong 3 Stage (1990)

### ***Random Numbers***

---

Pseudo-random Seed: 10116  
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### ***Surface Options***

---

Search Method: Auto Refine Search  
Divisions along slope: 10  
Circles per division: 10

Number of iterations: 10  
Divisions to use in next iteration: 50%  
Number of vertices per surface: 12  
Minimum Elevation: Not Defined  
Minimum Depth: Not Defined

## Loading

---

1 Distributed Load present

### Distributed Load 1

Distribution: Constant  
Magnitude [kN/m<sup>2</sup>]: 5  
Orientation: Normal to boundary

## Material Properties

---

| Property                         | Argila Arenosa                                                                    |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Color                            |  |
| Strength Type                    | Mohr-Coulomb                                                                      |
| Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ] | 17                                                                                |
| Cohesion [kPa]                   | 16                                                                                |
| Friction Angle [deg]             | 42                                                                                |
| Water Surface                    | None                                                                              |
| Ru Value                         | 0                                                                                 |

## Global Minimums

---

### Method: spencer

FS: 2.214770  
Axis Location: 18.443, 30.550  
Left Slip Surface Endpoint: -1.143, 10.064  
Right Slip Surface Endpoint: 23.080, 2.590  
Left Slope Intercept: -1.143 10.590  
Right Slope Intercept: 23.080 2.590  
Resisting Moment=31349.2 kN-m  
Driving Moment=14154.6 kN-m  
Resisting Horizontal Force=972.723 kN  
Driving Horizontal Force=439.199 kN

### Method: gle/morgenstern-price

FS: 2.208230  
Axis Location: 18.714, 30.332  
Left Slip Surface Endpoint: -0.860, 10.194  
Right Slip Surface Endpoint: 23.080, 2.590  
Left Slope Intercept: -0.860 10.590  
Right Slope Intercept: 23.080 2.590  
Resisting Moment=31060 kN-m  
Driving Moment=14065.5 kN-m  
Resisting Horizontal Force=966.183 kN  
Driving Horizontal Force=437.537 kN

## Valid / Invalid Surfaces

### Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 1326  
Number of Invalid Surfaces: 3176

#### Error Codes:

Error Code -105 reported for 1200 surfaces  
Error Code -106 reported for 759 surfaces  
Error Code -107 reported for 598 surfaces  
Error Code -108 reported for 610 surfaces  
Error Code -1000 reported for 9 surfaces

### Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 1334  
Number of Invalid Surfaces: 3168

#### Error Codes:

Error Code -105 reported for 1200 surfaces  
Error Code -106 reported for 759 surfaces  
Error Code -107 reported for 598 surfaces  
Error Code -108 reported for 601 surfaces  
Error Code -111 reported for 1 surface  
Error Code -1000 reported for 9 surfaces

#### Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
- 106 = Average slice width is less than  $0.0001 \times$  (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
- 107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.
- 108 = Total driving moment or total driving force  $< 0.1$ . This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
- 111 = safety factor equation did not converge
- 1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

## Slice Data

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 2.21477

| Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Base Material  | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [degrees] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Pore Pressure [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] |
|--------------|-----------|-------------|----------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 1            | 0.761692  | 10.5839     | Argila Arenosa | 16                  | 42                            | 5.91149            | 13.0926              | 6.24347                  | 9.47247             | -3.229                        |
| 2            | 0.761692  | 23.6553     | Argila Arenosa | 16                  | 42                            | 8.06374            | 17.8593              | 20.168                   | 18.103              | 2.06502                       |
| 3            | 0.761692  | 35.2871     | Argila Arenosa | 16                  | 42                            | 10.6207            | 23.5225              | 32.0106                  | 23.6561             | 8.35452                       |
| 4            | 1.03187   | 64.0115     | Argila Arenosa | 16                  | 42                            | 14.1053            | 31.2401              | 46.0226                  | 29.0967             | 16.9259                       |
|              |           |             | Argila         |                     |                               |                    |                      |                          |                     |                               |

|    |          |         |                   |    |    |         |         |         |         |         |
|----|----------|---------|-------------------|----|----|---------|---------|---------|---------|---------|
|    |          |         | Arenosa           |    |    |         |         |         |         |         |
| 6  | 1.03187  | 97.8453 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 19.0926 | 42.2857 | 68.9465 | 39.7533 | 29.1932 |
| 7  | 0.867112 | 88.3965 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 21.5442 | 47.7155 | 78.7766 | 43.553  | 35.2236 |
| 8  | 0.867112 | 89.1441 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 20.9953 | 46.4997 | 79.6973 | 45.8239 | 33.8734 |
| 9  | 0.936188 | 95.6259 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 22.9911 | 50.9201 | 86.0688 | 47.2861 | 38.7827 |
| 10 | 0.936188 | 93.5795 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 22.0143 | 48.7567 | 84.3194 | 47.9395 | 36.3799 |
| 11 | 0.945889 | 91.1839 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 23.5348 | 52.1242 | 87.931  | 47.811  | 40.12   |
| 12 | 0.945889 | 86.5208 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 22.0811 | 48.9045 | 83.4449 | 46.9008 | 36.5441 |
| 13 | 1.42333  | 119     | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 22.3032 | 49.3964 | 81.8764 | 44.7858 | 37.0906 |
| 14 | 1.02406  | 75.0459 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 21.6558 | 47.9626 | 76.8233 | 41.3253 | 35.498  |
| 15 | 1.02406  | 70.9316 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 20.4969 | 45.396  | 72.6176 | 39.97   | 32.6476 |
| 16 | 1.02406  | 71.1688 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 20.36   | 45.0928 | 72.817  | 40.5062 | 32.3108 |
| 17 | 1.02406  | 67.1204 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 19.8202 | 43.8972 | 68.8055 | 37.8224 | 30.9831 |
| 18 | 0.801803 | 48.8296 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 20.197  | 44.7316 | 67.0525 | 35.1427 | 31.9098 |
| 19 | 0.801803 | 45.1117 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 19.2824 | 42.706  | 62.127  | 32.467  | 29.66   |
| 20 | 0.801803 | 41.3939 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 18.3678 | 40.6804 | 57.2016 | 29.7912 | 27.4104 |
| 21 | 1.09883  | 49.7353 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 18.5311 | 41.0422 | 53.931  | 26.1189 | 27.8121 |
| 22 | 1.09883  | 40.8448 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 16.7547 | 37.1078 | 44.8926 | 21.4499 | 23.4427 |
| 23 | 0.89794  | 26.0301 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 16.4214 | 36.3697 | 39.351  | 16.7282 | 22.6228 |
| 24 | 0.89794  | 18.6005 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 14.3488 | 31.7794 | 29.4783 | 11.9535 | 17.5248 |
| 25 | 1.42496  | 11.8112 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 12.5936 | 27.892  | 17.9905 | 4.78312 | 13.2074 |

**Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 2.20823**

| Slice Number | Width [m] | Weight [kN] | Base Material               | Base Cohesion [kPa] | Base Friction Angle [degrees] | Shear Stress [kPa] | Shear Strength [kPa] | Base Normal Stress [kPa] | Pore Pressure [kPa] | Effective Normal Stress [kPa] |
|--------------|-----------|-------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|
| 1            | 0.751174  | 10.1404     | Argila<br>Arenosa           | 16                  | 42                            | 5.9708             | 13.1849              | 5.58899                  | 8.71548             | -3.12649                      |
| 2            | 0.751174  | 23.9048     | Argila<br>Arenosa           | 16                  | 42                            | 9.33468            | 20.6131              | 22.4263                  | 17.3029             | 5.12336                       |
| 3            | 0.751174  | 36.5039     | Argila<br>Arenosa           | 16                  | 42                            | 11.5144            | 25.4265              | 34.4006                  | 23.9314             | 10.4692                       |
| 4            | 1.04443   | 68.8854     | Argila<br>Arenosa           | 16                  | 42                            | 14.9009            | 32.9047              | 49.0958                  | 30.3212             | 18.7746                       |
| 5            | 1.04443   | 87.6561     | Argila<br>Arenosa<br>Argila | 16                  | 42                            | 17.0165            | 37.5763              | 60.4352                  | 36.4724             | 23.9628                       |

|    |          |         |                   |    |    |         |         |         |         |         |
|----|----------|---------|-------------------|----|----|---------|---------|---------|---------|---------|
|    |          |         | Arenosa           |    |    |         |         |         |         |         |
| 7  | 0.798862 | 82.3218 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 21.1343 | 46.6694 | 79.4924 | 45.4307 | 34.0617 |
| 8  | 0.798862 | 81.6921 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 20.315  | 44.8601 | 78.6622 | 46.6098 | 32.0524 |
| 9  | 0.903386 | 90.4565 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 21.9271 | 48.4201 | 83.1275 | 47.1213 | 36.0062 |
| 10 | 0.903386 | 87.3199 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 20.9937 | 46.359  | 80.6825 | 46.9654 | 33.7171 |
| 11 | 0.952267 | 87.6006 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 22.3777 | 49.4152 | 83.2814 | 46.17   | 37.1114 |
| 12 | 0.952267 | 82.0189 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 21.2167 | 46.8514 | 78.9992 | 44.7352 | 34.264  |
| 13 | 1.00926  | 79.5862 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 22.6501 | 50.0166 | 80.3228 | 42.5436 | 37.7792 |
| 14 | 1.00926  | 70.8423 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 20.7973 | 45.9252 | 72.8305 | 39.5951 | 33.2354 |
| 15 | 1.00926  | 68.1271 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 20.3847 | 45.0141 | 71.1761 | 38.9527 | 32.2234 |
| 16 | 1.00926  | 69.4085 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 20.7765 | 45.8792 | 73.2662 | 40.082  | 33.1842 |
| 17 | 0.807407 | 53.1348 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 21.921  | 48.4067 | 73.9671 | 37.9758 | 35.9913 |
| 18 | 0.807407 | 50.1008 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 21.2447 | 46.9131 | 70.1397 | 35.8073 | 34.3324 |
| 19 | 0.807407 | 47.0667 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 20.485  | 45.2356 | 66.1082 | 33.6389 | 32.4693 |
| 20 | 0.807407 | 44.0327 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 19.6538 | 43.4001 | 61.9013 | 31.4704 | 30.4309 |
| 21 | 0.807407 | 40.9986 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 18.7639 | 41.4351 | 57.5505 | 29.302  | 28.2485 |
| 22 | 1.14604  | 51.1163 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 19.3342 | 42.6943 | 55.3853 | 25.7382 | 29.6471 |
| 23 | 1.14604  | 41.2674 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 16.6776 | 36.828  | 43.911  | 20.7791 | 23.1319 |
| 24 | 1.39508  | 33.6684 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 14.9001 | 32.9029 | 32.699  | 13.9265 | 18.7725 |
| 25 | 1.13117  | 9.36349 | Argila<br>Arenosa | 16 | 42 | 11.6574 | 25.7423 | 15.5967 | 4.77673 | 10.82   |

List Of Coordinates

Drawdown Line

| X       | Y     |
|---------|-------|
| -24.844 | 10.59 |
| 0       | 10.59 |
| 12.14   | 5.59  |
| 13.72   | 5.59  |
| 23.08   | 2.59  |
| 30      | 2.59  |

Line Load

| X | Y |
|---|---|
|---|---|

|      |       |
|------|-------|
| 4.08 | 10.59 |
| 0    | 10.59 |

External Boundary

| X       | Y     |
|---------|-------|
| 30      | 0     |
| 30      | 2.59  |
| 23.08   | 2.59  |
| 13.72   | 5.59  |
| 12.14   | 5.59  |
| 4.08    | 10.59 |
| 0       | 10.59 |
| -6.52   | 7.59  |
| -24.92  | 8.09  |
| -24.92  | 0     |
| -10.408 | 0     |
| 0       | 0     |

## ANEXO 6 – PLANTAS DO PROJETO