



ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE TALUDES DE CALHAS FLUVIAIS
SUBMETIDOS A VARIAÇÕES RÁPIDAS DO NÍVEL DE ÁGUA DO RIO – CASO
DO RIO MADEIRA, PORTO VELHO-RO

Lis Eveline Athaydes Fadanelli

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Mauricio Ehrlich

Rio de Janeiro
Outubro de 2019

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE TALUDES DE CALHAS FLUVIAIS
SUBMETIDOS A VARIAÇÕES RÁPIDAS DO NÍVEL DE ÁGUA DO RIO – CASO
DO RIO MADEIRA, PORTO VELHO-RO

Lis Eveline Athaydes Fadanelli

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

Examinada por:

Prof. Mauricio Ehrlich, D.Sc.

Prof. Willy Alvarenga Lacerda, Ph.D.

Prof. Leonardo De Bona Becker, D.Sc.

Prof. Denise Maria Soares Gerscovich, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

OUTUBRO DE 2019

Fadanelli, Lis Eveline Athaydes

Análise do comportamento de taludes de calhas fluviais submetidos a variações rápidas do nível de água do rio – caso do rio Madeira, Porto Velho-RO/ Lis Eveline Athaydes Fadanelli. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2019.

XII, 214 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Mauricio Ehrlich

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 103-105.

1. Rebaixamento Rápido. 2. Calha fluvial. 3. Estabilidade de taludes. I. Muricio Ehrlich. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, quero agradecer à Deus por iluminar meu caminho e me dar força para cumprir meus objetivos.

Agradeço ao professor Mauricio Ehrlich pela confiança e por ter me proporcionado uma excelente orientação, sempre paciente e dedicado às suas atividades.

Agradeço ao meu marido Rafael por me incentivar, me ajudar e me apoiar sempre.

Agradeço aos meus pais por me mostrarem a importância do conhecimento e batalharem para eu ter oportunidade de conquistar meus sonhos.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE TALUDES DE CALHAS FLUVIAIS
SUBMETIDOS A VARIAÇÕES RÁPIDAS DO NÍVEL DE ÁGUA DO RIO – CASO
DO RIO MADEIRA, PORTO VELHO-RO

Lis Eveline Athaydes Fadanelli

Outubro/2019

Orientador: Mauricio Ehrlich

Programa: Engenharia Civil

Este trabalho busca analisar os fatores que levaram a instabilidade de um talude de calha fluvial na margem direita do rio Madeira, situado a aproximadamente 24km a jusante do município de Porto Velho, capital do estado de Rondônia. O rio Madeira apresenta grandes variações de nível d'água entre os períodos de enchentes e de vazantes ao longo de um ano devido ao regime de chuvas característico da região amazônica. O talude foi instrumentado com inclinômetros, medidores de nível d'água e piezômetros e foram realizados ensaios de laboratório em amostras indeformadas dos solos. Análises de percolação e estabilidade realizadas nos programas SEEP/W e SLOPE/W em conjunto com os dados da instrumentação e resultados dos ensaios permitiram avaliar o comportamento do talude frente à variação do nível d'água. Pode se observar a ocorrência de um efeito de rebaixamento rápido como um dos fatores deflagradores da movimentação do talude.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

ANALYSIS OF FLUVAL SLOPE BEHAVIOR SUBMITTED TO QUICK
VARIATIONS OF THE RIVER WATER LEVEL - RIO MADEIRA CASE, PORTO
VELHO-RO

Lis Eveline Athaydes Fadanelli

October/2019

Advisors: Mauricio Ehrlich

Department: Civil Engineering

This work searches analyze the factors that led to the instability a fluvial slope on the right bank of the Madeira river, located approximately 24km downstream of the municipality of Porto Velho, capital of the Rondônia state. The Madeira river presents large variations of water level between the periods of floods and of ebbing for one year due to rainfall regime characteristic of the Amazon region. The slope was instrumented with inclinometers, water level gauge and piezometers and laboratory tests were performed on undisturbed soil samples. Percolation and stability analyzes performed in the SEEP / W and SLOPE / W programs together with the instrumentation data and test results allowed to evaluate the slope behavior in relation to water level variation. A rapid drawdown effect can be observed as one of the triggering factors of slope movement.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	Objetivo.....	2
1.2.	Organização do trabalho	2
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1.	Algumas considerações pertinentes ao trabalho sobre o comportamento mecânico dos solos	3
2.2.	Movimentos de massa.....	11
2.2.1.	Tipos de movimentos de massa	12
2.2.2.	Fatores condicionantes.....	15
2.3.	Estabilidade de taludes.....	16
2.3.1.	Métodos de Análise de Estabilidade de Taludes.....	17
2.3.2.	Influência da água na estabilidade de taludes	21
2.3.2.1.	Efeito do rebaixamento rápido do nível d'água	22
2.3.3.	Programa computacional SLOPE/W	22
2.4.	Água nos solos	23
2.4.1.	Permeabilidade.....	23
2.4.2.	Fluxo d'água	25
2.4.2.1.	Equação de fluxo em meios porosos.....	26
2.4.3.	Programa computacional SEEP/W	28
2.5.	Instrumentação geotécnica.....	29
	Medidor de nível d'água.....	30
	Piezômetro	31
	Inclinômetro.....	32
3.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO.....	34
3.1.	Dinâmica fluvial do rio Madeira.....	34
3.2.	Localização do talude em estudo e Dados Geográficos.....	37
3.3.	Aspectos Geológicos e Geomorfológicos	39
3.4.	Aspectos Geotécnicos	40
3.4.1.	Investigações de campo	40
3.4.2.	Ensaio de laboratório.....	43
3.4.2.1.	<i>Ensaio de Caracterização</i>	46

Granulometria por peneiramento e sedimentação	46
Massa específica real dos grãos	46
Umidade natural	47
Limites de Atterberg	47
3.4.2.2. <i>Ensaio de Adensamento Oedométrico</i>	48
3.4.2.3. <i>Ensaio Triaxial</i>	53
4. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO TALUDE	57
4.1. Instrumentação geotécnica.....	57
4.2. Análises de percolação.....	64
4.2.1. Condições de Contorno.....	64
4.2.2. Condição inicial	67
4.2.3. Definição das propriedades hidráulicas	72
4.2.4. Resultados	77
4.3. Análises de estabilidade.....	80
4.3.1. Considerações	80
4.3.1.1. Início das Movimentações significativas do talude (01/05/2017)	82
4.3.1.2. Nível d'água do rio na cota mínima (25/09/2017).....	88
4.3.1.3. Análises de estabilidade em intervalos de 15 dias	95
5. CONCLUSÕES	101
6. REFERÊNCIAS.....	103
ANEXO I - BOLETINS DE SONDAGENS.....	106
ANEXO II - ENSAIOS DE LABORATÓRIO	139
APÊNDICE A - INSTRUMENTAÇÃO	180
APÊNDICE B - ANÁLISES DE ESTABILIDADE.....	202

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Critério de ruptura de Mohr Coulomb (GERSCOVICH, 2012).....	5
Figura 2- Variação das poropressões e Fator de Segurança durante e depois da escavação em solo argiloso saturado (BISHOP E BJERRUM, 1960 apud LAMBE & WHITMAN, 1979).	7
Figura 3- Variação das poropressões, resistência ao cisalhamento Fator de Segurança nas etapas de construção, enchimento e rebaixamento rápido de uma barragem de terra (BISHOP E BJERRUM, 1960 apud LAMBE & WHITMAN, 1979).....	8
Figura 4- Variação das poropressões, resistência ao cisalhamento Fator de Segurança nas etapas de construção de um aterro sobre solo saturado (BISHOP E BJERRUM, 1960 apud LAMBE & WHITMAN, 1979).	9
Figura 5- Caminhos de tensões efetivas e totais para um carregamento não drenado na argila de Weald.(LAMBE & WHITMAN, 1979)	10
Figura 6- Caminhos de tensões efetivas para as condições de carregamento drenado e não drenado na argila de Weald. (LAMBE & WHITMAN, 1979).....	11
Figura 7- Tensões cisalhantes mobilizadas e resistentes em uma massa de solo.	18
Figura 8- Método das Fatias (Craig, 2004).....	19
Figura 9- Medidor de nível d'água (CRUZ, 2004).....	30
Figura 10- Cálculo dos deslocamentos com inclinômetro. adaptado de Wilson & Mikkelsen (1978) (GEORIO, 2000).	33
Figura 11 – Localização do rio Madeira, divisas dos países e características fisiográfica. RIBEIRO NETO (2006, apud TUCCI, 2007).	35
Figura 12 – Cotas “puras” e normatizadas – Estação fluviométrica 15400000 – Porto Velho-RO (MUNIZ, 2013).....	36
Figura 13. Localização do talude em estudo (Fonte: Google Earth).	37
Figura 14. Talude na margem direita do rio Madeira, a montante de Porto Velho-RO. 38	
Figura 15. Trincas no talude na margem direita do rio Madeira.	38
Figura 16. Mapa geológico na região do talude em estudo. (Fonte: CPRM, 2007)	40
Figura 17. Planta com locação das sondagens (Nível d'água do rio Madeira em 07/08/2017).....	41
Figura 18. Perfil do subsolo.	42
Figura 19- Procedimento para extração do solo do tubo de amostragem (Ladd & DeGroot, 2003).	44
Figura 20- Exemplo do procedimento de extração do solo do tubo de amostragem realizado nas amostras apresentadas neste trabalho. (Fonte: Pattrol Investigações Geotécnicas)	44
Figura 21-Ilustração da correção realizada nos gráficos.	49
Figura 22- Valores de cv obtidos – Amostras em 3,0 a 7,8m de profundidade.	50
Figura 23- Valores de cv obtidos – Amostras em 9,9 a 15,45m de profundidade.	51
Figura 24- Esquema de montagem do corpo de prova (THOMASI, 2000).	54
Figura 25. Locação dos instrumentos – Planta.	58
Figura 26. Locação dos instrumentos – seção transversal ao talude (seção 1).....	58
Figura 27. Deslocamentos indicados pelo inclinômetro 1 (eixo A-A). Leituras máximas mensais.	60
Figura 28. Deslocamentos indicados pelo inclinômetro 2 (eixo A-A). Leituras máximas mensais.	60
Figura 29. Deslocamentos indicados pelo inclinômetro 3 (eixo A-A). Leituras máximas mensais.	61

Figura 30. Deslocamentos indicados pelo inclinômetro 8. Leitura máxima mensal.	61
Figura 31. Deslocamentos indicados pelos inclinômetros no mês de maio de 2017 (exceto inclinômetro 8, instalado em julho de 2017).	62
Figura 32. Deslocamentos acumulados indicados pelos inclinômetros até setembro de 2017 (exceto inclinômetro 8, referente a julho de 2017).	63
Figura 33. Deslocamentos acumulados indicados pelos inclinômetros até setembro de 2017, trincas de tração observadas em campo e provável superfície de rotura.	64
Figura 34. Variação do nível d'água do rio Madeira x Tempo.	65
Figura 35. Variação do nível d'água no Medidor de nível d'água 3 (NA 3) x Tempo. .	65
Figura 36. Condições de contorno aplicadas.	66
Figura 37. Malha de elementos finitos.	66
Figura 38. Ajuste para ciclo da variação do nível d'água do rio.	67
Figura 39. Ajuste para ciclo do medidor de nível d'água NA 3.	68
Figura 40. Variação do nível d'água do rio simulada nas análises de percolação.	68
Figura 41. Variação do nível d'água no medidor de nível d'água NA 3 simulada nas análises de percolação.	68
Figura 42- Poropressões obtidas nas análises de fluxo no ponto do piezômetro PZ-1A.	69
Figura 43- Poropressões obtidas nas análises de fluxo no ponto do piezômetro PZ-1B.	69
Figura 44- Poropressões obtidas nas análises de fluxo no ponto do piezômetro PZ-2A.	70
Figura 45- Poropressões obtidas nas análises de fluxo no ponto do piezômetro PZ-2B.	70
Figura 46- Poropressões obtidas nas análises de fluxo no ponto do piezômetro PZ-2C.	70
Figura 47- Poropressões obtidas nas análises de fluxo no ponto do piezômetro PZ-3B.	71
Figura 48- Poropressões obtidas nas análises de fluxo no ponto do piezômetro PZ-3C.	71
Figura 49- Curvas Características Típicas (SEEP, 2012).	72
Figura 50- Localização dos piezômetros.	73
Figura 51- Comparação entre resultados das leituras da instrumentação (PZ-1A) x resultados obtidos nas análises de percolação.	74
Figura 52- Comparação entre resultados das leituras da instrumentação (PZ-1B) x resultados obtidos nas análises de percolação.	74
Figura 53- Comparação entre resultados das leituras da instrumentação (PZ-2A) x resultados obtidos nas análises de percolação.	75
Figura 54- Comparação entre resultados das leituras da instrumentação (PZ-2B) x resultados obtidos nas análises de percolação.	75
Figura 55- Comparação entre resultados das leituras da instrumentação (PZ-2C) x resultados obtidos nas análises de percolação.	76
Figura 56- Intervalos típicos para cada tipo de solo (PINTO, 2006); Parâmetros obtidos pelos ensaios e valores adotados.	77
Figura 57- Poropressões obtidas nas análises de fluxo em 14/12/2016.	78
Figura 58- Poropressões obtidas nas análises de fluxo em 23/03/2017.	78
Figura 59- Poropressões obtidas nas análises de fluxo em 17/04/2017.	78
Figura 60- Poropressões obtidas nas análises de fluxo em 01/05/2017.	79
Figura 61- Poropressões obtidas nas análises de fluxo em 17/07/2017.	79
Figura 62- Poropressões obtidas nas análises de fluxo em 25/09/2017.	79
Figura 63- Análise de estabilidade 01/05/2017 – Parâmetros da camada de argila: $c'=10$ kPa e $\phi'=31^\circ$	82
Figura 64- Parâmetros na situação de início das movimentações significativas do talude (01/05/2017).	83
Figura 65- Superfícies de rotura críticas (01/05/2017).	84
Figura 66- Geometria da superfície intermediária (01/05/2017).	85

Figura 67- Fatores de Segurança obtidos em análises para cada par de parâmetros para a superfície intermediária definida (01/05/2017).	85
Figura 68- Resultantes das tensões cisalhantes mobilizadas e das resistências ao cisalhamento para cada análise (01/05/2017).	86
Figura 69- Poropressões u_0 , u_t e Δu ao longo da superfície intermediária (01/05/2017)	87
<i>Figura 70- Resistência do solo para $c=10$ kPa, $\phi^*=11^\circ$, $\Delta u=0$; $c'=10$ kPa, $\phi'=31^\circ$, $\Delta u=25$ kPa.</i>	<i>88</i>
Figura 71- Análise de estabilidade 25/09/2017 – Parâmetros da camada de argila: $c'=10$ kPa e $\phi'=31^\circ$	89
Figura 72- Parâmetros na situação de nível d'água do rio em sua cota mais baixa (25/09/2017).	90
Figura 73- Comparação entre Parâmetros na situação de início das movimentações significativas do talude (01/05/2017) x nível d'água do rio em sua cota mais baixa (25/09/2017).	90
Figura 74- Superfícies de rotura críticas (25/09/2017).	91
Figura 75- Geometria da superfície intermediária.....	92
Figura 76- Fatores de Segurança obtidos em análises para cada par de parâmetros para a superfície intermediária definida (25/09/2017).	92
Figura 77- Resultantes das tensões cisalhantes mobilizadas e das resistências ao cisalhamento para cada análise (25/09/2017).	93
Figura 78- Poropressões u_0 , u_t e Δu ao longo da superfície intermediária (25/09/2017)	94
<i>Figura 79- Resistência do solo para $c=10$ kPa, $\phi^*=19^\circ$, $\Delta u=0$; $c'=10$ kPa, $\phi'=31^\circ$, $\Delta u=16$ kPa.</i>	<i>94</i>
Figura 80- Fator de segurança x Tempo (a cada 15 dias).....	95
Figura 81- Fator de segurança x Tempo (a cada 15 dias) e condição hipotética.....	96
Figura 82- Nível d'água do rio Madeira e cota piezometria medida no piezômetro PZ-1B.....	97
Figura 83- Valores de ϕ^* para fator de segurança próximo à unidade ao longo do tempo.	98
Figura 84- Fator de segurança x Tempo (a cada 15 dias) incluindo análise considerando $\phi^*=20^\circ$	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Sistema de classificação dos movimentos de massa proposto por Varnes (1978).....	12
Tabela 2 – Sistema de classificação de movimentos de massa proposto por Augusto Filho (1992).	13
Tabela 3- Fatores deflagradores dos movimentos de massa (VARNES, 1978).	15
Tabela 4- Fatores de segurança mínimos para deslizamentos (NBR 11682/2009).	17
Tabela 5- Lista de equações e incógnitas envolvidas no Método das Fatias (GERSCOVICH, 2012 adaptado).....	20
Tabela 6- Características dos métodos de equilíbrio limite mais utilizados (GEORIO,2000).	21
Tabela 7- Identificação das amostras.....	43
Tabela 8- Critério de avaliação da qualidade da amostra (Oliveira, 2002).	45
Tabela 9- Avaliação da qualidade das amostras indeformadas segundo OLIVEIRA, 2002.	45
Tabela 10. Resultados dos ensaios de caracterização.....	47
Tabela 11. Dados obtidos através dos ensaios de adensamento oedométrico.	50
Tabela 12. Valores dos coeficientes de permeabilidade (k) obtidos.	52
Tabela 13. Execução dos ensaios - Fase de cisalhamento.	55
Tabela 14. Parâmetros de resistência obtidos através dos ensaios triaxiais CIU.	55
Tabela 15- Instrumentos instalados.	59
Tabela 16. Parâmetros de resistência considerados nas análises de estabilidade.....	81

1. INTRODUÇÃO

A variação do nível de corpos d'água em contato com taludes em um curto intervalo de tempo é considerada um fator preocupante para a estabilidade destes taludes uma vez que, quando o nível d'água externo desce rapidamente, o nível d'água no interior do talude pode não acompanhar o rebaixamento com a mesma velocidade e o fluxo de água se intensifica da parte de dentro para fora do talude. Esse fluxo de água implica em uma força de percolação desfavorável à estabilidade do talude. Além disso, ocorre uma perda do efeito estabilizante que a pressão d'água provocava sobre o talude inicialmente submerso. Este fenômeno, conhecido como rebaixamento rápido, depende da relação entre a permeabilidade dos materiais envolvidos e a velocidade de rebaixamento e é muito estudado no caso de barragens. Este efeito também pode ocorrer em calhas fluviais em função das variações sazonais dos níveis d'água dos rios.

O volume de água do rio Madeira aumenta consideravelmente durante a estação chuvosa da região amazônica devido à alta incidência de precipitações pluviométricas. Segundo Fisch *et al.* (1997), a distribuição das precipitações na bacia do rio Madeira possui sazonalidade bem definida, com período chuvoso ocorrendo durante os meses de novembro a abril, com precipitação mensal superior a 200 mm/mês, enquanto que, os meses de junho a agosto são extremamente secos, chegando a precipitações inferiores a 20 mm/mês. A influência das precipitações pluviométricas no nível d'água do rio Madeira é refletida em uma régua instalada na margem direita do rio, a jusante do município de Porto Velho-RO, cujas leituras realizadas apresentam variações de até 12m entre os valores extremos da cheia e da estiagem ao longo de um ano.

A variação do nível d'água do rio Madeira e consequente efeito de rebaixamento rápido é levantada como um dos possíveis fatores que levaram à instabilidade um talude de calha fluvial situado a jusante de Porto Velho que veio a apresentar trincas e movimentações.

Neste contexto, a proposta desta dissertação consiste em buscar um melhor entendimento sobre a influência da variação rápida do nível d'água nestes casos com base em instrumentação, ensaios de laboratório e demais investigações geotécnicas executadas para o talude em questão.

1.1. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo o estudo do comportamento de um talude de calha fluvial situado na margem direita do rio Madeira, a jusante do município de Porto Velho-RO, sob a influência da variação do nível d'água do rio. Busca-se o entendimento do efeito do fenômeno de “rebaixamento rápido” sobre o talude por meio de análises dos dados gerados pela instrumentação instalada no local e ensaios de laboratório realizados.

1.2. Organização do trabalho

O trabalho está dividido em 5 capítulos, distribuídos da seguinte forma:

Capítulo 1: Capítulo introdutório onde é apresentada uma contextualização do comportamento do rio Madeira e sua influência em taludes situados em sua calha fluvial. Neste capítulo também são apresentados os objetivos da dissertação e a justificativa para desenvolvimento da mesma.

Capítulo 2: Capítulo onde é apresentada uma sucinta revisão bibliográfica, abordando os principais assuntos pertinentes ao tema da dissertação, tais como os tipos de movimento de massa e mecanismos de instabilização dos taludes, métodos de análise de estabilidade, fluxo de água nos solos, análises de fluxo, resistência ao cisalhamento e instrumentação geotécnica.

Capítulo 3: No terceiro capítulo são apresentadas as características da área de estudo, tais como caracterização geomorfológica, geológica, aspectos geotécnicos envolvendo investigações de campo e ensaios de laboratório realizados no local, bem como a dinâmica fluvial do rio Madeira.

Capítulo 4: Neste capítulo é realizada a análise do comportamento do talude em estudo. Aqui são apresentados os principais aspectos e considerações relativos à modelagem numérica do talude, descrevendo os parâmetros, premissas e condições de contorno adotados nas análises de fluxo e de estabilidade realizadas fazendo uso dos programas computacionais SEEP/W e SLOPE/W, respectivamente. Ainda neste capítulo são apresentados os resultados das análises.

Capítulo 5: Apresenta as conclusões deste estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Algumas considerações pertinentes ao trabalho sobre o comportamento mecânico dos solos

As propriedades geotécnicas dos solos estão intimamente ligadas ao estado em que o solo se encontra, entendendo-se por estado, o arranjo relativo de suas partículas, mantidas em determinadas posições pela ação de forças de gravidade, forças elétricas, agentes cimentícios e pela forma em que a água e o ar ocupam seus vazios. Este estado do solo está sempre em equilíbrio com as tensões externas atuantes. Sempre que estas tensões se alterem ou que se estabeleça um fluxo de água ou de ar, o estado do solo se modifica (CRUZ, 2004).

Em solos saturados a pressão da água positiva nos poros age no sentido de reduzir a tensão atuante no esqueleto sólido. Nesta situação, para definir o estado de tensões do solo é válido o princípio de tensões efetivas enunciado por Terzaghi (1936). Este princípio é composto de duas partes, conforme transcrito na sequência:

1ª Parte: As tensões em qualquer “ponto” de uma massa de solo podem ser computadas a partir das tensões principais totais σ_1 , σ_2 e σ_3 que atuam neste ponto. Se os vazios do solo estiverem preenchidos com água sob uma pressão u , as tensões principais consistem de duas parcelas. Uma parcela de valor u que age na água e na parte sólida, em todas as direções, com igual magnitude, é denominada pressão neutra (ou poropressão). As parcelas remanescentes $\sigma'_1 = \sigma_1 - u$, $\sigma'_2 = \sigma_2 - u$ e $\sigma'_3 = \sigma_3 - u$ são “sentidas” exclusivamente pelo esqueleto sólido do solo. Estas parcelas são denominadas tensões principais efetivas.

Desta forma, Terzaghi (1936) escreveu a equação fundamental do Princípio das Tensões Efetivas:

$$\sigma' = \sigma - u \quad (1)$$

Embora as tensões efetivas tenham sido definidas apenas para as direções principais, a equação apresentada vale para todas as direções já que a água não resiste às tensões cisalhantes.

2ª Parte: Todos os efeitos mensuráveis oriundos da variação do estado de tensões, tais como compressão, distorção e variação da resistência ao cisalhamento, são devidos exclusivamente à variação do estado de tensões efetivas.

Esta segunda parte do princípio das tensões efetivas implica que todas as vezes que houver variação do estado de tensões efetivas haverá no solo variação de volume, distorção ou variação de volume e distorção. Reciprocamente basta que haja distorção ou variação de volume (ou ambos ocorrendo simultaneamente) para afirmar que tais efeitos são oriundos da variação do estado de tensões efetivas.

Em solos não saturados o Princípio de Terzaghi não é válido, principalmente por conta do surgimento de uma pressão de água negativa nos poros, também chamada de sucção. Segundo Fredlund e Morgenstern (1977) a não saturação faz com que o estado de tensões seja diferente, devendo, então, ser considerada a influência de outras variáveis no comportamento dos solos não saturados. Como as movimentações do talude em estudo neste trabalho são comandadas principalmente pela resistência da parcela saturada dos solos, não serão abordadas maiores revisões sobre o comportamento mecânico da parcela não saturada.

Conforme enunciado por Terzaghi (1936), o comportamento dos solos saturados é determinado pelas tensões efetivas a que estão submetidos. Pinto (2006) destaca que para o conhecimento das tensões efetivas é necessário o conhecimento das poropressões, não só as devidas ao nível d'água e redes de percolação, como também as resultantes do próprio carregamento.

As poropressões devidas às condições de nível d'água e redes de percolação em meios saturados podem ser determinadas pelas análises de fluxo descritas no item 2.4. Excessos de poropressão gerados devido a alterações nas condições de carregamento, contudo, são de difícil determinação. Estes excessos estão geralmente relacionados a solos com baixos coeficientes de adensamento, em que as alterações nas tensões devidas às alterações no carregamento se manifestam inicialmente na água (excessos

poropressões positivas ou negativas) e só depois, a medida que ocorre um novo equilíbrio das poropressões, são transmitidas ao esqueleto sólido. Skempton (1954) propôs a estimativa destes excessos de poropressão através da equação:

$$\Delta u = B. [\Delta\sigma_3 + A. (\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)] \quad (2)$$

Onde:

A e B são coeficientes determinados experimentalmente. B é igual a 1 para solos saturados e $B < 1$ para solos parcialmente saturados. A é função do tipo do solo, nível de tensões, história de tensões e trajetória de tensões.

Conhecidas as tensões efetivas é possível determinar a resistência ao cisalhamento dos solos através de critérios de ruptura. O critério de ruptura que melhor representa o comportamento dos solos é o de Mohr-Coulomb, o qual lineariza a envoltória de resistência traçada a partir dos círculos de Mohr. A envoltória é ajustada por uma reta definida pelo intercepto coesivo c' e inclinação ϕ' . A Figura 1 ilustra o critério de ruptura de Mohr-Coulomb apresentado por Gerscovich (2012).

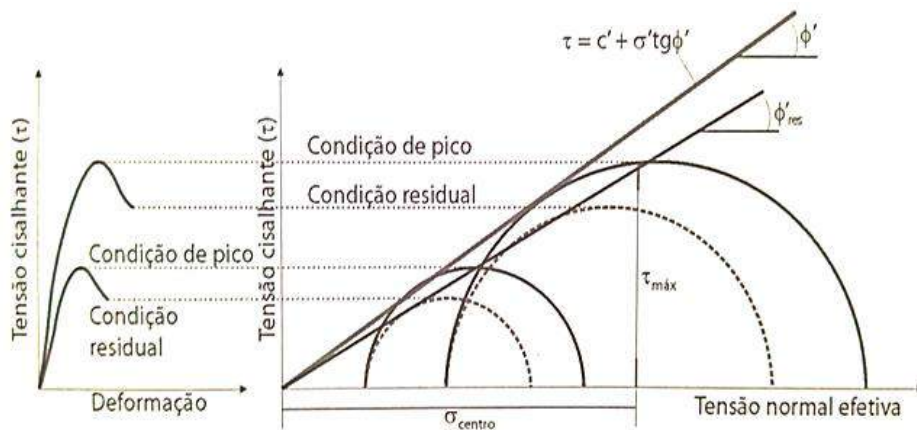


Figura 1- Critério de ruptura de Mohr Coulomb (GERSCOVICH, 2012).

A partir do critério de Mohr-Columb define-se a resistência ao cisalhamento (τ) por:

$$\tau = c' + (\sigma - u) \cdot tg\phi' \quad (3)$$

ou

$$\tau = c' + \sigma' \cdot tg\phi' \quad (4)$$

Desta forma, a capacidade de um solo de resistir a uma determinada variação de tensões é proporcional às tensões efetivas.

Quando se avalia a estabilidade de um maciço que sofreu alteração nos carregamentos, deve-se levar em consideração o comportamento dos excessos de poropressão gerados pelo carregamento ao longo do tempo. Para exemplificar o comportamento dos excessos de poropressão ao longo do tempo estão reproduzidas nas Figuras 2 a 4 as mudanças de carregamento, poropressões e conseqüente resistência ao cisalhamento ao longo do tempo apresentadas por Bishop e Bjerrum (1960) *apud* Lambe & Whitman (1979). A Figura 2 apresenta uma escavação em solo saturado, a Figura 3 apresenta as etapas de construção, enchimento e rebaixamento rápido de uma barragem de terra e a Figura 4 apresenta a construção de um aterro sobre terreno saturado.

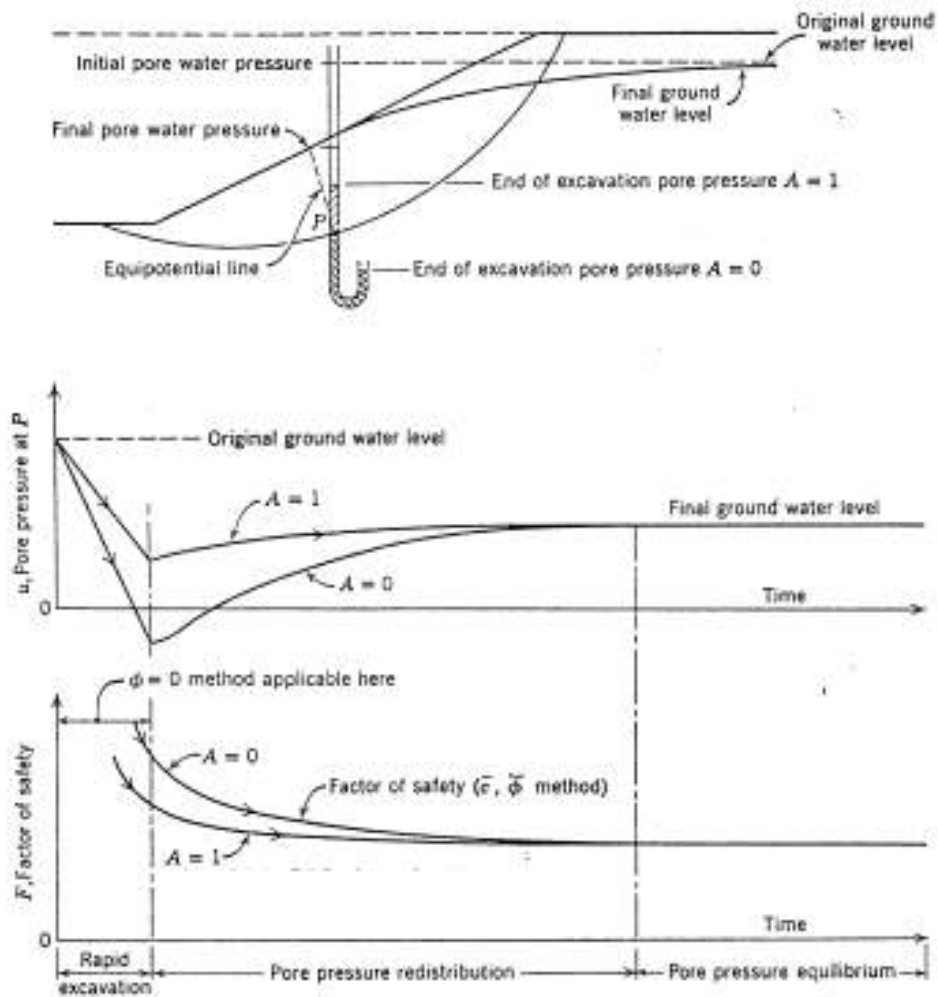


Figura 2- Variação das poropressões e Fator de Segurança durante e depois da escavação em solo argiloso saturado (BISHOP E BJERRUM, 1960 apud LAMBE & WHITMAN, 1979).

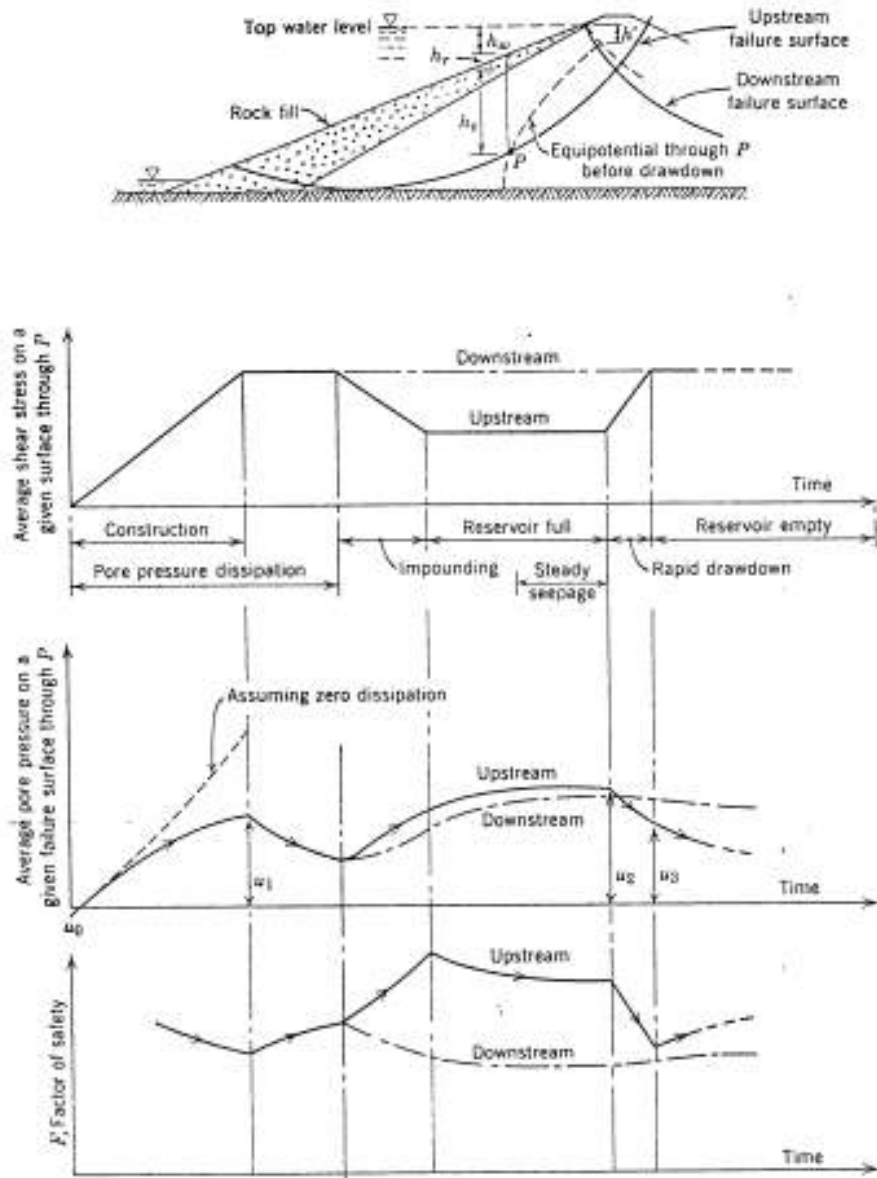


Figura 3- Variação das poropressões, resistência ao cisalhamento Fator de Segurança nas etapas de construção, enchimento e rebaixamento rápido de uma barragem de terra (BISHOP E BJERRUM, 1960 apud LAMBE & WHITMAN, 1979).

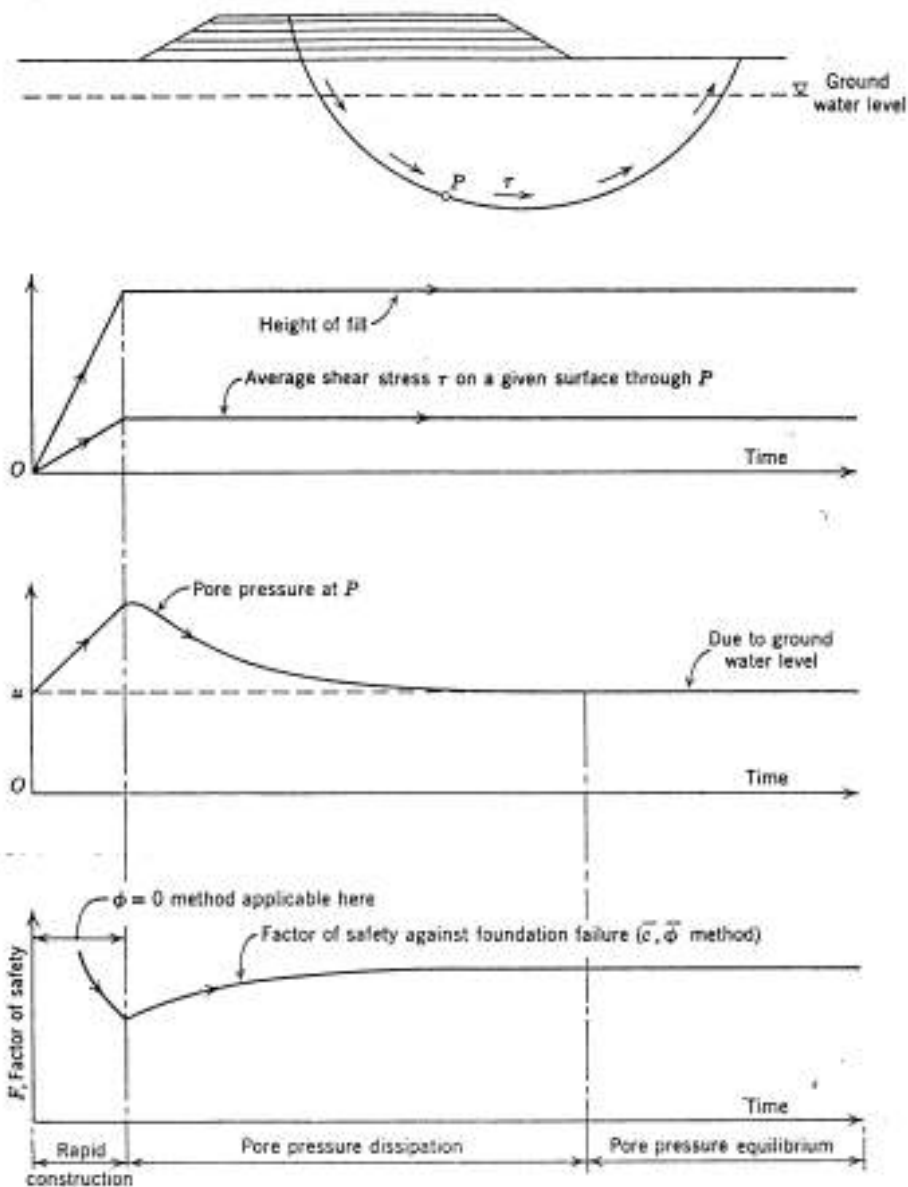


Figura 4- Variação das poropressões, resistência ao cisalhamento Fator de Segurança nas etapas de construção de um aterro sobre solo saturado (BISHOP E BJERRUM, 1960 apud LAMBE & WHITMAN, 1979).

Cabe ressaltar, conforme já exposto, que estas variações de excessos de poropressão são importantes em solos de baixa permeabilidade (baixo coeficiente de adensamento). Em solos com permeabilidade elevada, solos granulares, as variações de carregamento são transmitidas ao esqueleto sólido a medida que ocorrem.

Frente às dificuldades em se determinar os excessos de poropressão devido a alterações no carregamento, realizam-se, com frequência, análises para condição não drenada em termos de tensões totais (PINTO, 2006). Estas análises constituem uma simplificação na forma de se averiguar o comportamento de solos de baixa

permeabilidade e saturados, quando sujeitos a uma solicitação quase instantânea. Nestas análises são determinados os parâmetros em termos de tensões totais e admite-se, implicitamente, que as poropressões que surgirão no caso em estudo são equivalentes às geradas nas condições em que os parâmetros foram determinados. Por exemplo, equivalentes às geradas em um ensaio não drenado. Em outras palavras, traduzem-se nos parâmetros de resistência totais os efeitos devidos aos excessos de poropressão.

Os parâmetros de resistência em termos de tensões totais devem ser determinados em função das condições iniciais e do tipo de carregamento. As Figuras 2 a 4 ilustram que para diferentes tipos de carregamento as poropressões geradas são distintas.

A Figura 5 reproduzida de Lambe & Whitman (1979), apresenta os caminhos de tensões efetivas e totais (diagrama p' - q e p - q) para um carregamento não drenado na argila de Weald. Na figura observa-se a geração de poropressões crescente com o carregamento. O caminho de tensões efetivas, que, como visto, comanda a resistência ao cisalhamento, atinge a envoltória de ruptura com q igual a 60 kPa. Desta forma, para o carregamento em questão, a determinação da ruptura através da envoltória de resistência em termos de tensões efetivas e das tensões efetivas é equivalente à determinação através das tensões totais para uma envoltória de resistência definida por $\phi = 0$ e $c = S_u = 60$ kPa, onde S_u é a resistência não drenada na condição de análise.

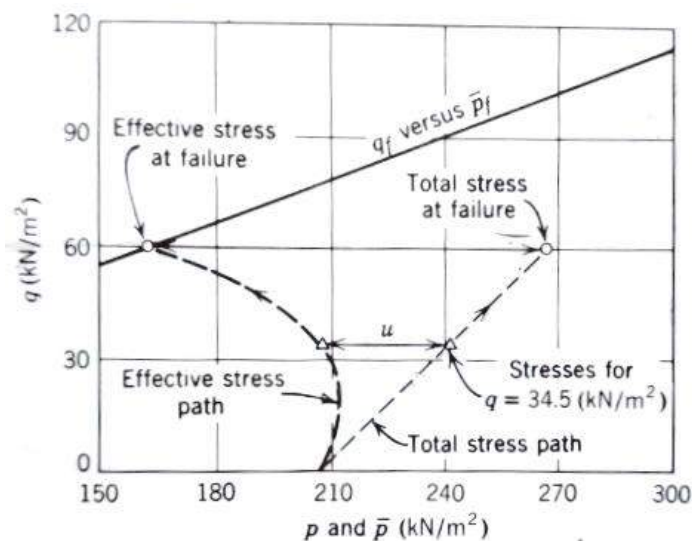


Figura 5- Caminhos de tensões efetivas e totais para um carregamento não drenado na argila de Weald. (LAMBE & WHITMAN, 1979)

Na Figura 6 estão apresentados, para a mesma argila de Weald, os caminhos de tensão efetivos para as condições de carregamento drenado e de carregamento não drenado, onde se obteve as resistências de 124 kPa e 60 kPa, respectivamente. Para uma condição de carregamento equivalente associada a um comportamento parcialmente drenado (parte dos excessos de poropressão se dissipam durante o carregamento) ter-se-ia uma resistência entre os valores de 124 e 60 kPa.

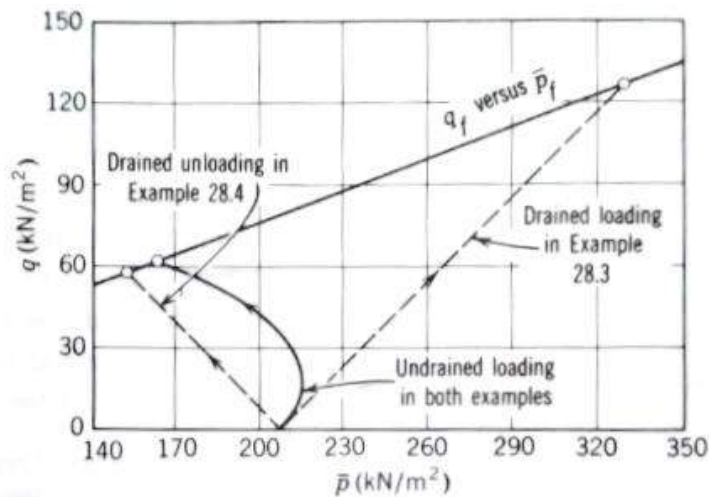


Figura 6- Caminhos de tensões efetivas para as condições de carregamento drenado e não drenado na argila de Weald. (LAMBE & WHITMAN, 1979)

Em argilas muito sobreadensadas ocorre a geração de propressões negativas na fase de cisalhamento, podendo inclusive resultar em uma resistência não drenada maior do que a resistência drenada.

2.2. Movimentos de massa

Chama-se de talude a superfície inclinada que limita um maciço. Augusto Filho e Virgili (1998) explicam que os taludes podem ser originados de processos geológicos e geomorfológicos diversos ou pela ação humana.

O fenômeno em que uma porção do material de um talude se desloca em relação ao maciço restante é conhecido como movimento de massa. Avaliar e entender os diferentes mecanismos que envolvem os movimentos de massa é importante não só por

estes se destacarem como um dos principais processos geomorfológicos responsáveis pela evolução do relevo, mas também pelo fato de poder causar prejuízos financeiros e perdas humanas.

2.2.1. Tipos de movimentos de massa

A classificação dos movimentos de massa permite associar cada tipo de movimento a um conjunto de características que, juntamente com o entendimento dos condicionantes, permite formular modelos para orientar na proposição de medidas preventivas e corretivas (AUGUSTO FILHO e VIRGILI, 1998).

Os movimentos gravitacionais de massa são classificados levando em consideração diferentes critérios, tais como a geometria da massa deslocada, o tipo de material envolvido e a cinética do movimento.

Entre os vários sistemas classificatórios de movimentos gravitacionais de massa em taludes naturais existentes na literatura (Terzaghi, 1950; Varnes, 1958 e 1978; Guidicini e Nieble, 1983; Augusto Filho, 1992), destaca-se o sistema proposto por Varnes (1978), utilizado internacionalmente por pesquisadores e profissionais da área. Nesta classificação (Tabela 1), os movimentos de massa são subdivididos em cinco grupos principais: quedas, tombamentos, escorregamentos, espalhamentos e corridas. Ainda existe um sexto grupo denominado “complexo” que inclui combinações de dois ou mais dos outros cinco grupos. Entre os critérios utilizados, tem-se o tipo de movimento e o tipo de material.

Tabela 1- Sistema de classificação dos movimentos de massa proposto por Varnes (1978).

Tipo de movimento			Tipo de material		
			Rocha	Solo	
				Grossoiro	Fino
Quedas			de rocha	de detritos	de terra
Tombamentos			de rocha	de detritos	de terra
Escorregamentos	Rotacional	Poucas unidades	Abatimento e rocha de blocos rochosos	Abatimento de Detritos de Blocos de Detritos	Abatimento de Terra de Blocos de Terra
	Translacional	Muitas unidades	de rocha	de Detritos	de Terra
Expansões laterais			de rocha	de detritos	de terra
Corridas/escoamentos			de rocha (rastejo profundo)	de detritos	de terra
			Rastejo de solo		
Complexos: combinação de 2 ou mais dos principais tipos de movimentos					

Muitos dos sistemas de classificação de movimentos de massa foram propostos fundamentando-se nas condições geológicas e climáticas locais. No Brasil, Augusto Filho (1992) adaptou a classificação de Varnes (1978), ajustando as características dos tipos de movimentos de massa à dinâmica ambiental brasileira. Segundo o autor, os movimentos são apresentados em quatro grupos: rastejos, escorregamentos, quedas e corridas (Tabela 2).

Tabela 2 – Sistema de classificação de movimentos de massa proposto por Augusto Filho (1992).

Processos	Características do movimento, material e geometria
Rastejo ou Fluência	Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes Solo, rocha alterada/fraturada Geometria indefinida
Escorregamentos	Poucos planos de deslocamento Velocidades médias a altas Pequenos e grandes volumes de material Geometria e materiais variáveis Planares solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza Circulares solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas Em cunha solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas	Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado Velocidades muito altas Material rochoso Pequenos a médios volumes Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc Rolamento de matacão Tombamento
Corridas	Movimento semelhante ao de um líquido viscoso Desenvolvimento ao longo das drenagens Velocidades médias a altas Mobilização de solo, rocha, detritos e água Grandes volumes de material Extenso alcance, mesmo em áreas planas

a) Rastejo ou fluência

Rastejos são movimentos lentos e contínuos, que podem englobar grandes massas, sem que haja uma diferenciação clara entre o material em movimento e a região estável. Nos solos, estes movimentos podem ser sazonais ou contínuos (denominados fluência). Terzaghi (1950, apud Guidicini e Nieble, 1983) classificou o rastejo sazonal sendo o movimento gerado devido às variações de temperatura e umidade nas camadas mais

superficiais; e contínuos quando o movimento ocorre apenas devido à ação da gravidade, abaixo da zona de variação sazonal, atingindo maiores profundidades.

b) Escorregamento

Escorregamentos são movimentos de massa rápidos, de curta duração, com superfície de ruptura bem definida entre a massa em movimento e o material estático. Conforme a superfície de ruptura, são divididos em escorregamentos rotacionais e translacionais.

Os escorregamentos rotacionais apresentam superfície de ruptura côncava e estão associados a materiais pouco heterogêneos e pouco anisotrópicos, aterros e depósitos mais espessos.

Os escorregamentos translacionais apresentam superfície de ruptura plana, normalmente relacionada a descontinuidades hidráulicas e/ou mecânicas e planos de fraqueza (falhas, fraturas, planos de estratificação, acamamento, contato solo/rocha, etc.). Geralmente apresentam superfícies de ruptura com profundidades rasas, de maior alcance que os escorregamentos rotacionais e podem ocorrer em taludes menos íngremes.

c) Quedas

Quedas são movimentos rápidos em que blocos rochosos ou lascas de rocha se destacam de encostas íngremes, de forma brusca, pela ação da gravidade, sem a presença de uma superfície de deslizamento. As quedas podem ocorrer por perda de sustentação dos blocos causada por erosão, variações térmicas no maciço rochoso, perda de desconfinamento lateral, etc. (GUIDICINI E NIEBLE, 1983).

d) Corridas

Corridas são movimentos de alta velocidade nos quais os materiais (solo, rocha ou detritos) perdem completamente as características de resistência e passam a se comportar como fluidos altamente viscoso. Guidicini e Nieble (1983) explica que a presença excessiva de água provoca a perda de atrito interno do material e destruição de sua

estrutura. Este tipo de movimento possui alto poder de transporte e podem atingir grandes extensões.

2.2.2. Fatores condicionantes

Os taludes tornam-se instáveis quando as tensões cisalhantes mobilizadas se igualam à resistência ao cisalhamento da massa. A ocorrência de movimentações de massa está associada a diversos fatores condicionantes que, segundo Varnes (1978), podem ser divididos em dois grupos: os que contribuem para o aumento das tensões cisalhantes e os que reduzem a resistência ao cisalhamento da massa. O primeiro grupo é composto por ações como a remoção de massa nas laterais no pé do talude, sobrecargas, solicitações dinâmicas e pressões laterais. O segundo grupo abrange as características mecânicas do material e fatores variáveis que tendem a diminuir a resistência ao cisalhamento do material. Na Tabela 3 é apresentado o resumo dos respectivos fatores.

Tabela 3- Fatores deflagradores dos movimentos de massa (VARNES, 1978).

Ação	Fatores	Fenômenos geológicos/ antrópicos
Aumento da solicitação	Remoção de massa (lateral ou da base)	Erosão, escorregamentos Cortes
	Sobrecarga	Peso de água de chuva, granizo, neve etc. Acúmulo natural de material (depósitos) Peso da vegetação Construção de estruturas, aterros, etc.
	Solicitações dinâmicas	Terremotos, ondas, vulcões, etc. Explosões, tráfego, sismos induzidos
	Pressões laterais	Água em trincas, congelamento, material expansivo, etc.
Redução da resistência	Características inerentes ao material (textura, estrutura, geometria, etc.)	Características geomecânicas do material, estado de tensões iniciais
	Mudanças nas características do material	Intemperismo, redução na coesão, ângulo de atrito Enfraquecimento devido ao rastejo progressivo Ação de raízes das árvores, etc.

Augusto Filho e Virgili (1998) apontam os seguintes condicionantes de movimentos de massa como principais na dinâmica ambiental brasileira:

- Características climáticas, com destaque para o regime pluviométrico;
- Características e distribuição dos materiais que compõem os substratos dos taludes;
- Características geomorfológicas;
- Regime de águas de superfície e subsuperfície;
- Características de uso e ocupação do solo.

Em taludes de calhas fluviais, a estabilidade das margens pode ser condicionada pelas características geomorfológicas dos terrenos marginais, pela ocupação destas terras, pelo regime hídrico e pelo processo hidrodinâmico da sua calha. (BERNÁL, 2013).

2.3. Estabilidade de taludes

A análise de estabilidade visa avaliar o nível de segurança do talude em relação à ruptura. A condição de estabilidade do talude pode ser expressa de forma quantitativa por um fator de segurança (FS), definido como sendo a razão entre a resistência ao cisalhamento disponível do solo e a resistência mobilizada, sob efeito dos esforços atuantes:

$$FS = \tau_r / \tau_m \quad (5)$$

sendo:

FS = fator de segurança

τ_r = tensão cisalhante resistente

τ_m = tensão cisalhante mobilizada

Um talude é considerado instável quando as tensões cisalhantes atuantes se igualarem ou excederem a resistência ao cisalhamento do solo em uma determinada

superfície, resultando em um fator de segurança $FS \leq 1$. Quando o fator de segurança é maior que 1,0 o talude apresenta-se estável.

O valor admissível para o fator de segurança pode variar em função das consequências de uma eventual ruptura, no que diz respeito ao perigo de perda de vidas humanas e à possibilidade de danos materiais e ao meio ambiente. A Tabela 4 apresenta os valores de fatores de segurança mínimos admissíveis recomendados pela norma brasileira de estabilidade de encostas, NBR 11682/2009.

Tabela 4- Fatores de segurança mínimos para deslizamentos (NBR 11682/2009).

Nível de segurança contra Danos a vidas humanas \ Nível de segurança contra danos materiais e ambientais	Alto	Médio	Baixo
	Alto	1,5	1,5
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

NOTA 1 No caso de grande variabilidade dos resultados dos ensaios geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima devem ser majorados em 10%. Alternativamente, pode ser usado enfoque semiprobabilístico.

NOTA 2 No caso de estabilidade de lacas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros γ , ϕ , c , em função das incertezas sobre estes parâmetros. O método de cálculo deve ainda considerar um fator de segurança mínimo de 1,1. Este caso deve ser justificado pelo engenheiro civil geotécnico.

NOTA 3 Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

2.3.1. Métodos de Análise de Estabilidade de Taludes

Augusto Filho e Virgili (1998) dividem os métodos de análise de estabilidade em três grupos principais:

- Métodos analíticos: Envolvem os métodos baseados na teoria do equilíbrio limite e nos modelos matemáticos de tensão e deformação;
- Métodos experimentais: Empregam modelos físicos de diferentes escalas;
- Métodos observacionais: Calculados na experiência acumulada com a análise de rupturas anteriores (retroanálise, opinião de especialistas, etc.).

Entre estes métodos de análise, o método analítico empregando a Teoria de Equilíbrio Limite tem sido amplamente utilizado devido à abordagem simples e precisão dos resultados. Conforme apresentado por Massad (2010), este método parte dos seguintes pressupostos:

- O solo apresenta um comportamento rígido-plástico, isto é, rompe bruscamente sem que antes da ruptura haja sinais de deformação;
- As equações de equilíbrio estático são válidas até a iminência de ruptura;
- O fator de segurança é admitido constante em toda a superfície de ruptura.

Nos métodos baseados na Teoria do Equilíbrio Limite, arbitra-se uma superfície potencial de ruptura e a massa de solo acima da superfície é considerada um corpo livre. Considera-se que uma parcela da resistência do solo é mobilizada nessa superfície, de forma a manter o equilíbrio com as forças solicitantes devido ao peso da massa de solo. A Figura 7 ilustra a respectiva situação.



Figura 7- Tensões cisalhantes mobilizadas e resistentes em uma massa de solo.

Estes métodos podem ser divididos em três subgrupos: métodos que consideram a massa rompida como um corpo único; métodos que dividem a massa rompida em cunhas e métodos que dividem a massa rompida em fatias. Neste trabalho, utilizou-se o método das fatias.

O Método das Fatias consiste em subdividir a massa de solo em n fatias verticais, assumindo-se a base de cada fatia como linear e calcular o equilíbrio por meio de equações da estática. O equilíbrio das forças (vertical e horizontal) é analisado em cada

fatia separadamente. Já o equilíbrio de momentos é analisado para a massa de solo como um todo, comparando-se o somatório dos momentos estabilizantes e instabilizantes. A tensão cisalhante mobilizada (τ_{mob}) é uma das incógnitas do problema.

A Figura 8 representa as forças que atuam em uma fatia genérica, sendo W o peso total da fatia ($W = \gamma \cdot b \cdot h$); N' a resultante das tensões efetivas normais à base da fatia ($N' = \sigma' \cdot l$); U a resultante das poropressões na base da fatia ($U = u \cdot l$); N a resultante das tensões totais normais à base da fatia ($N = N' + U$); T a resultante das tensões tangenciais mobilizadas na base da fatia ($T = \tau_m \cdot l$); E_1 e E_2 componentes normais da resultante de forças entre fatias; X_1 e X_2 componentes tangenciais da resultante de forças entre fatias.

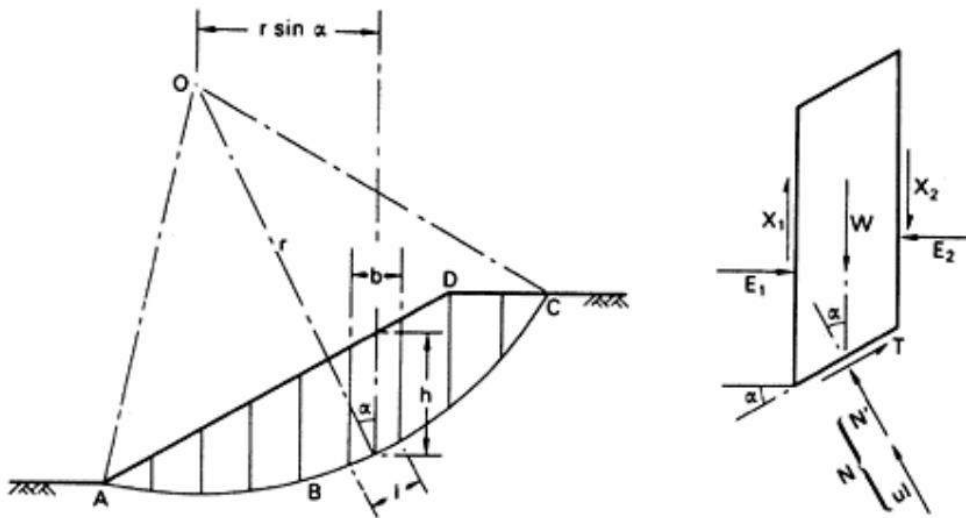


Figura 8- Método das Fatias (Craig, 2004).

b: largura da fatia;

l: comprimento da base da fatia;

h: altura da fatia;

α : ângulo de inclinação da base da fatia com a horizontal;

u = poropressão no centro da base da fatia.

No método das fatias o número de incógnitas é superior ao número de equações, se tratando, portanto, de um problema estaticamente indeterminado. Como pode ser visto na Tabela 5, as equações de equilíbrio e de resistência ao cisalhamento totalizam $4n$ equações, sendo n o número de fatias. As incógnitas envolvem não só o fator de segurança, como também os esforços atuantes na base e no contato entre as fatias, além do ponto de aplicação dessas resultantes. Com isso, o número de incógnitas ($6n-2$) é superior ao de equações ($4n$) (GERSCOVICH, 2012).

Tabela 5- Lista de equações e incógnitas envolvidas no Método das Fatias (GERSCOVICH, 2012 adaptado).

Equações:	
$2n$	Equilíbrio de forças
n	Equilíbrio de momentos
n	Envoltória de resistência ($T=f(N)$)
$4n$	TOTAL DE EQUAÇÕES
Incógnitas:	
1	Fator de segurança
n	Força tangencial na base da fatia (T)
n	Força normal na base da fatia (N)
n	Ponto de aplicação de N
$n-1$	Força tangencial entre fatias (X)
$n-1$	Força normal entre fatias (E)
$n-1$	Ponto de aplicação da força entre fatias (E)
$6n-2$	TOTAL DE INCÓGNITAS

Buscando-se solucionar este problema, diversos autores propuseram diferentes hipóteses simplificadoras com o objetivo de reduzir o número de incógnitas e tornar o método estaticamente determinado. Estas hipóteses simplificadoras deram origem a novos métodos de análise de estabilidade de taludes que podem ser classificados em rigorosos e simplificados. Os métodos rigorosos atendem a todas as equações de equilíbrio da estática, já os simplificados não.

As principais características dos métodos de equilíbrio limite mais utilizados são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6- Características dos métodos de equilíbrio limite mais utilizados (GEORIO,2000).

MÉTODOS SIMPLIFICADOS	
Método	Características
Fellenius (1936)	Superfície de ruptura circular. Assume que a resultante das forças entre fatias é paralela à base de cada fatia, razão pela qual pode apresentar erros significativos na determinação do fator de segurança, geralmente subestimando-o.
Bishop Simplificado (1955)	Superfície de ruptura circular. Assume que a resultante das forças que atuam nas laterais das fatias é horizontal e obtém o fator de segurança através de equilíbrio de forças verticais e momentos. Apesar de ser um método simplificado tem boa acurácia.
Jambu (1954)	Superfície de ruptura de formato qualquer. Assume que as forças laterais são horizontais e obtém o fator de segurança através do equilíbrio de forças.
MÉTODOS RIGOROSOS	
Método	Características
Spencer (1967)	Superfície de ruptura de formato qualquer. Assume que a inclinação das forças laterais é a mesma para todas as fatias. A inclinação é determinada durante o processo de cálculo de modo a satisfazer às condições de equilíbrio de forças e momentos.
Morgenstern e Price (1965)	Superfície de ruptura de formato qualquer. Assume que a inclinação das forças laterais obedece a uma função $f(x)$ prescrita. As inclinações são determinadas durante o processo de cálculo para satisfazer às condições de equilíbrio de forças e momentos.

2.3.2. Influência da água na estabilidade de taludes

A dinâmica da água é considerada um dos principais fatores responsáveis pela instabilização de taludes. Entre os principais mecanismos de atuação da água se tem:

- Diminuição da coesão aparente

Em regiões não saturadas a água nos vazios do solo está sob uma pressão abaixo da pressão atmosférica. Nessa situação, ocorrem poropressões negativas (sucção). A presença da sucção pode elevar a coesão entre as partículas do solo (coesão aparente) resultando em um ganho de resistência do solo. Quando há saturação do solo a poropressão se torna positiva, eliminando os efeitos da coesão aparente.

- Aumento das poropressões

Com a variação do nível piezométrico, a elevação do nível d'água aumenta as poropressões, reduzindo as tensões normais efetivas e, conseqüentemente, a resistência ao cisalhamento do solo.

2.3.2.1. Efeito do rebaixamento rápido do nível d'água

Quando um talude total ou parcialmente submerso é submetido a uma redução do nível d'água externo ao talude que não é acompanhada pelo nível d'água no interior do mesmo, ou seja, o nível d'água externo é abaixado mais rapidamente do que a velocidade de percolação da água no solo, ocorre o fenômeno conhecido como rebaixamento rápido. O rebaixamento rápido não se dá simplesmente pela velocidade de redução do nível d'água externo ao talude e sim pela relação entre esta velocidade e a capacidade de drenagem do solo, estando em geral associado a solos de baixa permeabilidade.

Quando ocorre um rebaixamento rápido, cria-se uma condição de fluxo transiente e, então, um novo estado de poropressões no terreno que continuam elevadas ao passo que é perdida influência estabilizadora da pressão da água sobre o talude inicialmente submerso podendo levá-lo a condições de instabilidade.

O estudo de rebaixamento rápido é bastante difundido em maciços compactados de barragens de terra, mas se aplica também a quaisquer taludes, naturais ou construídos, submetidos às condições supracitadas.

2.3.3. Programa computacional SLOPE/W

O programa SLOPE/W vem sendo utilizado mundialmente na área de Geotecnia como ferramenta computacional para realizar análises de estabilidade de taludes, fundamentando-se em análises de Equilíbrio Limite e suas formulações. Com o auxílio do programa é possível dividir a massa de solo em um número de fatias bastante elevado de forma a se obter maior precisão nos resultados e os cálculos são realizados com maior agilidade.

O programa possibilita ainda lidar com análises complexas, com estratigrafias diversas, diferentes condições de poropressões e diferentes formas de superfície de deslizamento. Para realização da análise é modelada a geometria do talude, a estratigrafia, condições de carregamento, condições de poropressão (análises em termos de tensões efetivas) e são atribuídos parâmetros ao solo (peso específico, coesão, ângulo de atrito interno). O programa realiza então diversas iterações, com busca dirigida de superfícies, fornecendo a superfície potencial de ruptura com o menor fator de segurança, denominada superfície crítica.

2.4. Água nos solos

Conforme visto no item 2.3.2, a água atua em diferentes processos de instabilização de taludes e, por este motivo, o conhecimento da distribuição das poropressões de água no talude é imprescindível para avaliar a estabilidade do mesmo.

2.4.1. Permeabilidade

O solo é constituído pelos grãos sólidos e por vazios preenchidos por água e ar. A água, quando submetida a diferenças potenciais, se desloca no interior do solo. A permeabilidade pode ser interpretada como a facilidade (ou a dificuldade) que o meio oferece à passagem da água pelos seus poros ou vazios. Um meio pouco permeável é um meio que oferece uma grande dificuldade à passagem do fluido, enquanto uma permeabilidade elevada oferece ao fluxo uma maior facilidade de movimento (CRUZ, 2004). O formato, distribuição granulométrica e arranjo das partículas do solo, bem como o grau de saturação e características do fluido, estão entre os principais fatores que influenciam na permeabilidade do solo.

A permeabilidade pode ser expressa numericamente por um coeficiente de permeabilidade (k). Quando os vazios dos solos estão totalmente preenchidos por água, condição saturada, esse coeficiente pode ser determinado através de ensaios *in situ*, ensaios com permeômetros em laboratório ou ainda ser calculado por métodos indiretos.

Quando parte dos vazios é também preenchida por ar, condição não saturada, a determinação direta da permeabilidade, que também é função do grau de saturação, é complexa. Em função das dificuldades experimentais, diversos autores propuseram métodos de determinação da permeabilidade em meios não saturados a partir de modelos baseados na curva característica de sucção e na permeabilidade saturada, as quais são de mais fácil determinação experimental (VAN GENUCHTEN, 1980). Uma formulação de uso consagrado que expressa a relação entre a condutividade hidráulica do solo e a sucção foi apresentada por van Genuchten (1980). O autor descreve uma equação empírica para representar analiticamente a curva característica dos solos não saturados, em que:

$$\theta(\psi) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (a\psi)^n]^m} \quad (6)$$

Onde:

ψ : sucção

$\theta(\psi)$: umidade volumétrica do solo

θ_s : umidade volumétrica do solo saturado

θ_r : umidade residual

m , n e a : parâmetros de ajuste da curva, sendo $m = 1 - 1/n$

E a permeabilidade em meios não saturados é expressa por:

$$K(\psi) = K_s \frac{[1 - (a\psi^{n-1})(1 + (a\psi)^n)^{-m}]^2}{[(1 + a\psi)^n]^{m/2}} \quad (7)$$

Em que:

$K(\psi)$: permeabilidade

K_s : permeabilidade saturada

2.4.2. Fluxo d'água

Para que ocorra o movimento de água de um ponto a outro no interior do solo, é necessário que haja diferença de carga total entre esses dois pontos. A água fluirá de um ponto de maior carga total para um ponto de menor carga total.

Em fluxo permanente de fluido não viscoso e incompressível em que forças de atrito resultantes são desprezíveis, o Teorema de Bernoulli estabelece que a carga total, ou carga hidráulica, é igual à soma de três parcelas: carga altimétrica (z) + carga piezométrica (h_p) + carga cinética (h_v). A carga altimétrica corresponde à diferença de cota entre um ponto considerado e um plano horizontal de referência, a carga piezométrica é definida pela poropressão no ponto expressa em termos de coluna d'água e a carga cinética está relacionada com a velocidade de escoamento do fluido. Em meios porosos, devido à velocidade de escoamento ser muito baixa, a carga cinética pode ser desconsiderada sem perda de precisão. Portanto, em dois pontos A e B tem-se:

$$z_A + h_{p,A} = z_B + h_{p,B} \quad (8)$$

Na situação de percolação de água em solos o atrito viscoso entre a água e as partículas sólidas faz com que ocorra uma perda de carga (ΔH). Entre dois pontos A e B, passa-se a ter, portanto:

$$z_A + h_{p,A} = z_B + h_{p,B} + \Delta H \quad (9)$$

Em fluxos de movimentação lenta, como é considerado o escoamento na maioria dos solos naturais, o fluxo é classificado como laminar. Nesta situação é válida a lei de Darcy, a qual estabelece que o fluxo ocorre pela ação de gradientes hidráulicos (i), definidos pela razão entre a carga que se dissipa na percolação (h) pela distância ao longo da qual a carga se dissipa (L). A vazão pode ser calculada pela seguinte equação:

$$Q = k \cdot i \cdot A \quad (10)$$

Em que:

Q: vazão

k: coeficiente de permeabilidade

i: gradiente hidráulico ($i = h/L$)

A: área da seção transversal ao escoamento

A vazão dividida pela área indica a velocidade de percolação (v). A equação fica sendo:

$$v = k \cdot i \quad (11)$$

2.4.2.1. Equação de fluxo em meios porosos

A equação geral da percolação tridimensional em meios porosos pode ser estabelecida através da equação da continuidade. Tomando por base um ponto de um elemento de meio poroso infinitesimal sujeito a fluxo, definido por suas coordenadas cartesianas (x,y,z) , considerando ainda que o solo é homogêneo e que os sólidos são incompressíveis e assumindo válida a lei de Darcy, obtém-se a seguinte equação:

$$k_x \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} = \frac{1}{1+e} \left(S \frac{\partial e}{\partial t} + e \frac{\partial S}{\partial t} \right) \quad (12)$$

Em que:

k_x, k_y, k_z : coeficientes de permeabilidade nas direções x, y e z respectivamente

H: carga hidráulica total

S: grau de saturação

e: índice de vazios

t: tempo

Na engenharia geotécnica, a equação pode ser simplificada para a situação bidimensional já que, normalmente, a dimensão longitudinal do problema em análise é muito superior à sua seção transversal.

Para obtenção da solução de problemas de fluxo podem ser aplicados os seguintes métodos:

- Métodos analíticos ou matemáticos:

Consistem na solução matemática da equação de percolação para o caso bidimensional e de fluxo estacionário, considerando as condições de contorno do problema. Sua aplicação só é justificável em casos de problemas de geometria simples devido à complexidade de se expressar matematicamente as condições de contorno, o que inviabiliza sua utilização na maioria dos problemas práticos.

- Método gráfico:

O método gráfico constitui em obter graficamente redes de fluxo bidimensionais, traçando na região em que ocorre o fluxo dois conjuntos de linhas conhecidas como linhas de fluxo e linhas equipotenciais.

A trajetória percorrida pela água através da massa de solo saturado é representada pela linha denominada linha de fluxo. Para cada linha de fluxo, existe um ponto no qual a água já dissipou uma mesma porção de sua carga hidráulica. A linha que conecta todos esses pontos de mesma carga hidráulica é denominada linha equipotencial (TAYLOR, 1948). As famílias de linhas equipotenciais e de fluxo se interceptam em ângulos retos, formando a rede de fluxo.

- Método analógico:

Este método se baseia na semelhança entre a equação da percolação e as equações que governam outros fenômenos físicos tais como fluxo elétrico em um meio condutor e o fluxo térmico. As principais analogias empregadas são: analogia elétrica, analogia com o fluido viscoso e analogia térmica.

- Modelo reduzido:

No modelo reduzido é possível simular problemas de fluxo reproduzindo a geometria e todas as condições de contorno do problema real. Esse modelo é geralmente utilizado na simulação de fluxo confinado, pois em caso de não confinados a capilaridade pode prejudicar a análise já que a franja capilar nos modelos é em geral desproporcionalmente maior que no protótipo.

- Método numérico:

Neste método a equação da percolação é solucionada de forma aproximada através de um conjunto de outras equações, fazendo uso de recursos computacionais. Os principais métodos numéricos utilizados na engenharia são os de diferenças finitas (MDF), dos elementos finitos (MEF) e de elementos de contorno (MEC). Entre estes métodos o MEF vem sendo bastante utilizado em análises de fluxo por fornecer soluções rápidas e com nível de aproximação razoável para problemas geotécnicos.

No MEF a solução é obtida dividindo o domínio do problema em elementos conectados em alguns pontos através dos quais interagem entre si. O comportamento do fluxo é estudado em cada um dos elementos, mediante formulações simples em função de sua geometria e propriedades e, posteriormente, reconectando todos os elementos para representar o comportamento como um todo. O MEF permite a simulação de casos com geometria complexa uma vez que a divisão do domínio pode ser qualquer. Também é possível solucionar casos heterogêneos, pois cada elemento pode ter propriedades próprias.

2.4.3. Programa computacional SEEP/W

O SEEP/W é um programa bastante utilizado para modelar o movimento e a distribuição da pressão de água dentro de materiais porosos. O programa pode ser utilizado para modelar problemas de fluxo em meios saturados e não saturado, em fluxo de regime permanente, que considera condições de fluxo que não variam com o tempo, e de fluxo transiente, quando existe uma variação das condições de fluxo com o tempo.

Este programa utiliza o método de elementos finitos para a solução das equações que descrevem os problemas analisados.

A modelagem consiste, primeiramente, em definir a geometria do talude e das diferentes camadas de solo e determinar as propriedades hidráulicas dos materiais constituintes. Aqui são definidas as curvas de retenção de água e funções de condutividade hidráulica dos materiais. As regiões são discretizadas em elementos finitos automaticamente, entretanto, é possível alterar o tamanho dos elementos e a densidade da malha. Na sequência, são definidas as condições de contorno. Em caso de análise de fluxo transiente é incluído o tempo de duração da análise e há opção para inserir condições de contorno variáveis ao longo do tempo. O problema é resolvido por processo iterativo. Na solução é possível avaliar as poropressões e vazões no problema.

O programa SEEP/W pode ser acoplado ao programa SLOPE/W, de forma a possibilitar a realização de análises de estabilidade com as condições de poropressão fornecidas pela análise de percolação.

2.5. Instrumentação geotécnica

A instrumentação geotécnica, quando adequadamente projetada, instalada e interpretada, tem grande utilidade na avaliação das condições de segurança de um empreendimento e verificação das hipóteses adotadas em um projeto.

Em taludes, a implantação de um sistema de instrumentação possibilita a aquisição de dados que podem auxiliar na determinação de prováveis superfícies de ruptura, identificação de movimentos da massa instável, determinação da velocidade do movimento, além do monitoramento das poro-pressões e nível d'água.

Entre os instrumentos mais utilizados no monitoramento e instrumentação de taludes, tem-se o medidor de nível d'água, piezômetro e inclinômetro. Estes instrumentos cujas características estão detalhadas na sequência, foram utilizados para a elaboração deste trabalho.

Medidor de nível d'água

Trata-se de um instrumento utilizado para a determinação da posição da linha freática em maciços de solo ou rocha. Este instrumento determina um nível médio de água que chega a um equilíbrio dentro de um poço de pequeno diâmetro com revestimento permeável, que permite a comunicação vertical entre dois ou mais aquíferos, ou até num mesmo aquífero, quando há fluxos ascendentes ou descendentes.

Os medidores de nível d'água são constituídos de tubo de PVC perfurado inserido em um furo de sondagem, envolto por um material filtrante (usualmente geotêxtil ou tela de nylon) e outro drenante (areia), este último com a finalidade de impedir o fechamento do furo e permitir facilmente a infiltração da água para o interior do tubo. Para completar o instrumento é utilizado um “selo” para vedar o espaço entre o furo e o tubo, na superfície do terreno, e um sistema de proteção que evita a entrada de águas superficiais que podem inviabilizar a leitura correta do instrumento, além de proteger contra eventual vandalismo (ver Figura 9).

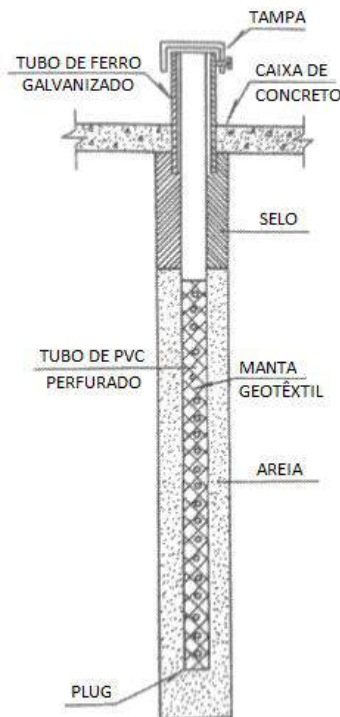


Figura 9- Medidor de nível d'água (CRUZ, 2004).

A leitura do nível d'água em relação a uma referência (boca do tubo, por exemplo), pode ser efetuada através equipamentos de leitura, como o pio elétrico que consiste em uma trena graduada acoplada em uma ponteira elétrica (pio) que emite sinais

sonoros assim que entra contato com a água. Conhecendo a profundidade da água a partir das graduações no cabo, mede-se a distância entre a boca do tubo e o nível da água. A altura de coluna de água dentro do tubo é calculada pela subtração da entre a cota de boca do tubo e a leitura realizada.

Piezômetro

O piezômetro tem como função medir a poropressão ou a carga de pressão atuante no ponto em que foi instalado, a uma determinada profundidade. Por se tratar de um instrumento medidor de pressões pontual, é necessário selar a área em que a medida é feita.

Entre os tipos de piezômetros mais utilizados no meio geotécnico tem-se o de tubo aberto (Casagrande), o pneumático, o hidráulico, o elétrico de resistência e o elétrico de corda vibrante, todos classificados de acordo com o princípio de funcionamento.

O piezômetro é instalado em um furo de sondagem. Piezômetros como o tipo Casagrande são compostos por tubos de PVC com um elemento poroso na extremidade inferior. O espaço entre o elemento poroso e as paredes do furo devem ser preenchido com areia lavada, de forma a permitir que a água entre ou saia livremente. O nível da água no interior desta tubulação representa a carga piezométrica na posição da célula de areia. Um selo de bentonita evita que a leitura seja influenciada pelas condições piezométricas das camadas superiores à célula de areia. A leitura é realizada com um instrumento indicador de nível d'água que consta de um torpedo contendo uma chave elétrica, um fio graduado e um carretel. Quando o torpedo atinge a água do tubo de acesso, fecha-se um circuito elétrico que aciona uma buzina ou lâmpada instalada no carretel. A poropressão é igual à altura de coluna d'água no tubo vezes o peso específico da água. (GEORIO, 2000).

O funcionamento do piezômetro pneumático baseia-se no equilíbrio de pressões atuantes em um diafragma flexível: de um lado atua a água cuja pressão se deseja medir, e do outro atua um gás cuja pressão é variável e conhecida através de um manômetro. A conexão pneumática entre o piezômetro e o painel é feita com dois tubos flexíveis, denominados de alimentação e de retorno. A leitura do instrumento consiste em abrir gradualmente a válvula do recipiente que contém o gás comprimido, observar a indicação de retorno do mesmo ao painel de controle, fechar a válvula e aguardar a estabilização da

pressão lida no manômetro do painel. O piezômetro hidráulico se diferencia do pneumático quanto ao funcionamento: utiliza-se como fluido para leitura a água, ao invés do gás e não existe membrana diafragma, conseqüentemente, a água contida nos vazios do solo ou nas fraturas da rocha fica em contato direto com a água contida no instrumento, tubos e painel. A leitura é realizada abrindo, um por vez, os registros que conectam cada um dos dois tubos provenientes do piezômetro no manômetro de leitura, e aguardando a estabilização do ponteiro (CRUZ, 2004).

O piezômetro elétrico monitora a pressão da água por meio de um transdutor de poropressão. Este tipo de piezômetro não necessita de entrada/saída de água em um tubo, o maciço precisa fornecer apenas um pequeno volume de água para fletir o diafragma do transdutor. O piezômetro elétrico mais empregado é o tipo “corda vibrante”. O funcionamento deste aparelho baseia-se no princípio de que a frequência de vibração depende da tensão aplicada à corda. A corda é um fio metálico preso sob tensão a uma membrana que se deforma sob a pressão da água do solo, alterando a tensão aplicada na corda. O aparelho possui um medidor capaz de detectar a variação de frequência de vibração que é correlacionada à pressão da água (GEORIO, 2000). O valor de leitura fornecido é a cota piezométrica, que é a soma da carga de elevação mais a carga de pressão no ponto de instalação.

Inclinômetro

O inclinômetro é um instrumento utilizado para medir deslocamentos horizontais superficiais e em subsuperfície de uma massa de solo. Este instrumento permite localizar a profundidade de uma superfície potencial de ruptura e acompanhar a progressão dos movimentos de um talude ao longo do tempo.

O equipamento é constituído por um conjunto de segmentos de tubos de plástico ou de alumínio, montados em posição subvertical, com a extremidade inferior engastada em região isenta de movimentos. Os tubos possuem quatro ranhuras, duas a duas diametralmente opostas, que servem para guiar as rodas de um torpedo sensor de inclinação durante as leituras. Durante a instalação, os tubos são introduzidos em um furo, orientados de tal forma que um par de ranhuras (eixo A-A) fique paralelo à direção dos movimentos esperados. Concluída a instalação, o espaço anelar entre o tubo e as paredes do furo deve ser preenchido com calda de cimento bentonita.

O sensor móvel fornece a inclinação em relação à vertical de cada ponto de leitura do tubo guia. As leituras são feitas em intervalos regulares, ao longo da profundidade, mantendo-se sempre os pontos preliminarmente escolhidos. Conhecendo a distância entre dois pontos de leitura e a diferença entre duas leituras de inclinação, o deslocamento horizontal é calculado por $\delta_h = L \sum \sin\theta$ (Figura 10).

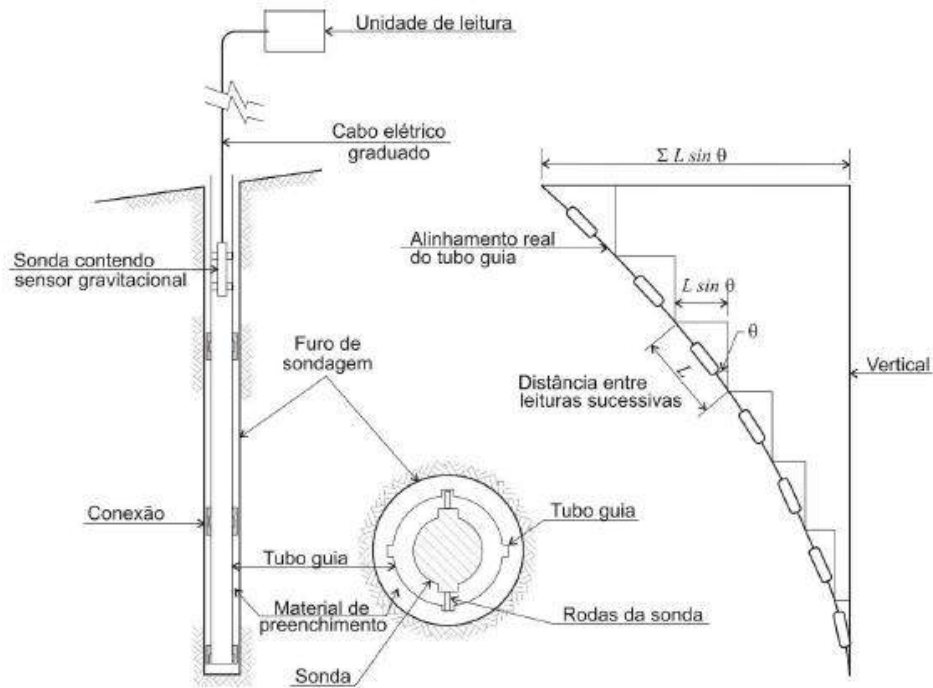


Figura 10- Cálculo dos deslocamentos com inclinômetro. adaptado de Wilson & Mikkelsen (1978) (GEORIO, 2000).

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

3.1. Dinâmica fluvial do rio Madeira

O rio Madeira é um dos principais afluentes do rio Amazonas, com extensão total de aproximadamente 3315 km. Sua Bacia estende-se por três países da América do Sul: Bolívia (51%), Brasil (42%) e Peru (7%) (GUYOT, 1993 *apud* ANDRADE, 2008). Os principais formadores da Bacia são os rios Madre de Dios, Beni e Mamoré.

O rio Beni é um dos maiores afluentes do rio Madeira, nasce nas geleiras de Chacaltaya na Bolívia e segue até sua confluência com o rio Madre de Dios (TUCCI, 2007). As águas do deste rio são barrentas devida à grande carga de sedimentos provenientes da dissecação da cadeia andina, e um regime de fluxo turbulento resultante de maior aporte de descarga líquida proveniente de suas cabeceiras durante a estação chuvosa.

O rio Mamoré nasce na Serra de Cochabamba, Bolívia, e tem uma extensão muito superior à da registrada no rio Beni. O rio segue pela fronteira entre o Brasil e a República da Bolívia até encontrar o Rio Beni e formar o Rio Madeira em Nova Mamoré. O rio Mamoré caracteriza-se por águas claras e esverdeadas, apresentando baixa carga de sedimentos. (DANTAS e ADAMY, 2010).

A Figura 11 apresenta a localização destes rios.

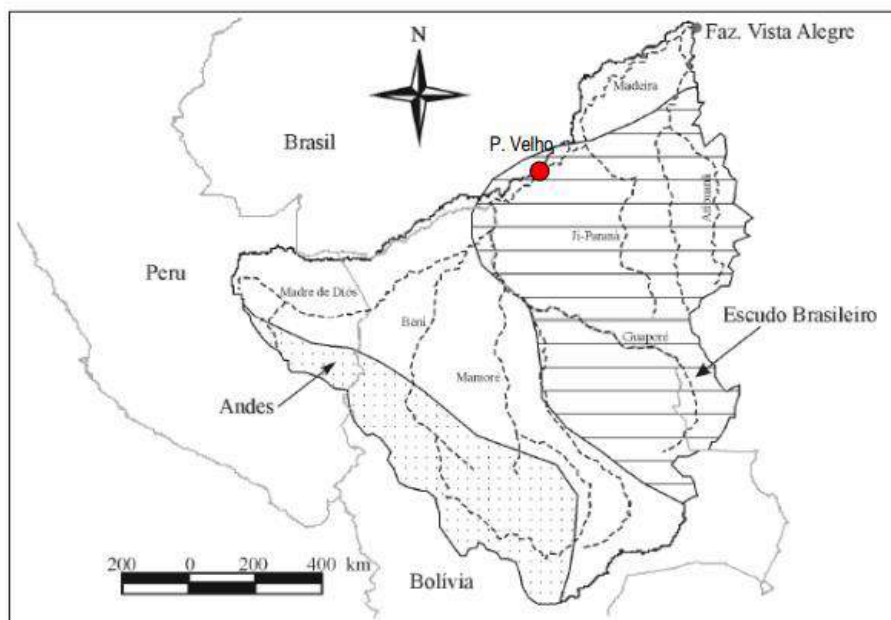


Figura 11 – Localização do rio Madeira, divisas dos países e características fisiográfica. RIBEIRO NETO (2006, apud TUCCI, 2007).

O rio Madeira percorre diferentes formas de relevo. Avaliando o perfil longitudinal do seu curso fluvial, no seu alto curso, que se estende da confluência dos rios Beni e Mamoré até as proximidades da cidade de Porto Velho, apresenta uma geomorfologia condizente com rios de planalto, como alta declividade e um relevo rico em corredeiras, lajeados e cachoeiras. Já no seu curso médio-baixo (trecho restante até sua foz no rio Amazonas), apresenta-se como um típico rio de planície, com boas condições de navegabilidade devido à ausência de cachoeiras e corredeiras.

Sob o ponto de vista geológico, o rio Madeira é considerado jovem, com o curso em formação, que na busca do seu perfil de equilíbrio apresenta expressivos depósitos de sedimentos inconsolidados subrecentes formando ilhas ou margeando o seu leito. Seu atual curso se formou após meandramentos que foram se dando ao longo do tempo geológico, ocasionando o estabelecimento de terraços aluvionares em suas margens, com subsolos de camadas não consolidadas com espessuras, muitas vezes, expressivas. Segundo Andrade (2008) é possível observar grandes variações no curso do rio Madeira ao longo do tempo, como a erosão de dezenas a centenas de metros das margens, o desaparecimento de ilhas e o preenchimento de canais.

O regime fluvial do rio Madeira apresenta períodos de cheia e vazante bem estabelecido, fortemente influenciado pela distribuição das precipitações na bacia do rio

Madeira que apresentam sazonalidade bem definida. Durante a estação chuvosa da região amazônica, caracterizada pela alta incidência de precipitações pluviométricas, o volume de água do rio Madeira aumenta consideravelmente e no período de estiagem, há um sensível declínio. O período chuvoso ocorre durante os meses de novembro a abril, com precipitação mensal superior a 200 mm/mês, enquanto os meses de junho a agosto são extremamente secos, chegando a precipitações inferiores a 20 mm/mês (FISCH et al., 1997).

O gráfico da Figura 12 apresenta a variação das cotas fluviométricas diárias interanuais do rio Madeira durante os anos de 1980 a 2010, na estação fluviométrica de Porto Velho-RO (Estação 15400000 - Porto Velho (Madeira) – PVH), nas proximidades da área em enfoque neste trabalho. Os valores apresentados foram obtidos a partir da base dos dados hidrológicos provenientes da rede hidrometeorológica de responsabilidade da Agência Nacional de Águas - ANA, e base do Projeto ORE-HYBAM (Observatório de Pesquisas Ambientais da Bacia Amazônica), compilados por Muniz (2013).

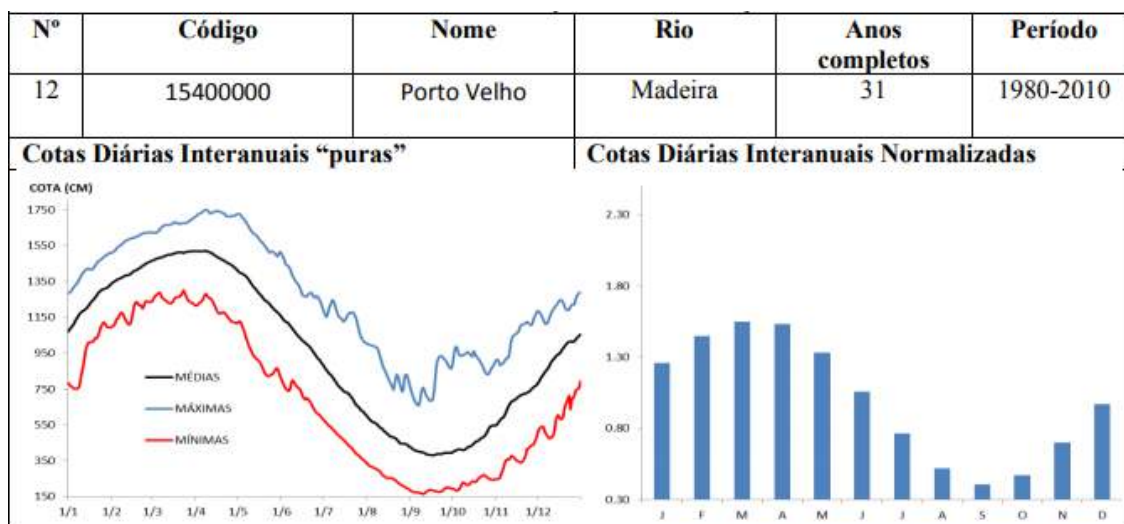


Figura 12 – Cotas “puras” e normalizadas – Estação fluviométrica 15400000 – Porto Velho-RO (MUNIZ, 2013).

Muniz (2013) verificou que as séries de cotas interanuais apontam um único pico de cheia e vazante ao longo da série histórica. Os meses de maior ocorrência de águas altas é abril (60%) seguido de março (38%), esta estação apresenta o pico de cheia bem marcado com predomínio em abril. Para águas baixas isso também ocorre com o predomínio no mês de setembro (62%) seguido de outubro (28%). As cotas do nível do

rio apresentadas por Muniz (2013) são condizentes com a sazonalidade das precipitações pluviométricas.

3.2. Localização do talude em estudo e Dados Geográficos

O talude objeto de estudo do presente trabalho está localizado a aproximadamente 24 quilômetros a jusante do município de Porto Velho, capital do estado de Rondônia, nas coordenadas UTM de longitude 412.057E e latitude 9.047.407S (WGS84 - Zona 20L). A Figura 13 indica sua localização.

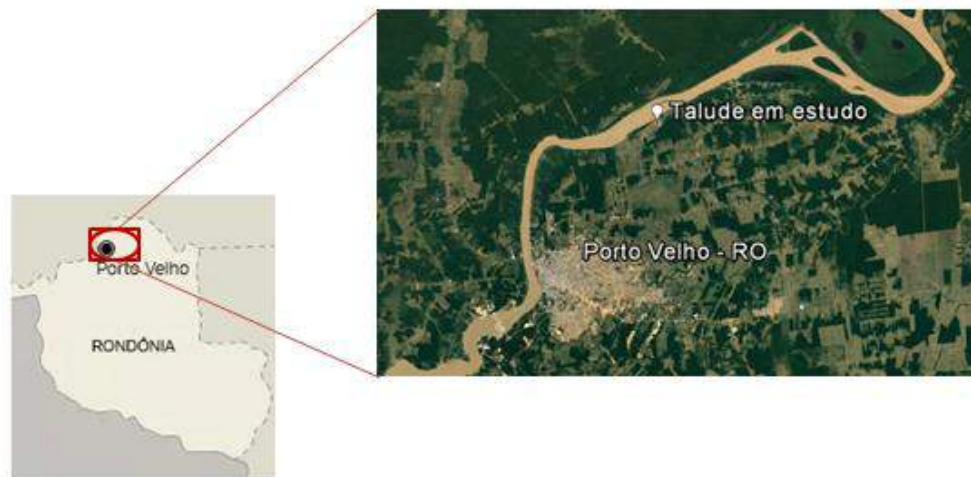


Figura 13. Localização do talude em estudo (Fonte: Google Earth).

Trata-se de um talude de calha fluvial na margem direita do rio Madeira com aproximadamente 28 metros de altura e inclinação média de 19° . A área onde o talude está situado pertence a um terminal portuário que, para implementação de suas atividades, realizou a limpeza e remoção da vegetação local e fez alguns ajustes na geometria do talude (Figura 14).



Figura 14. Talude na margem direita do rio Madeira, a montante de Porto Velho-RO.

Nos últimos anos tem-se observado movimentações no local e, no ano de 2017, durante a descida do nível d'água do rio Madeira, pode se ver trincas que se agravaram quando o rio chegou a sua cota mínima (Figura 15), dando indícios de se encontrar em curso um processo de colapso.



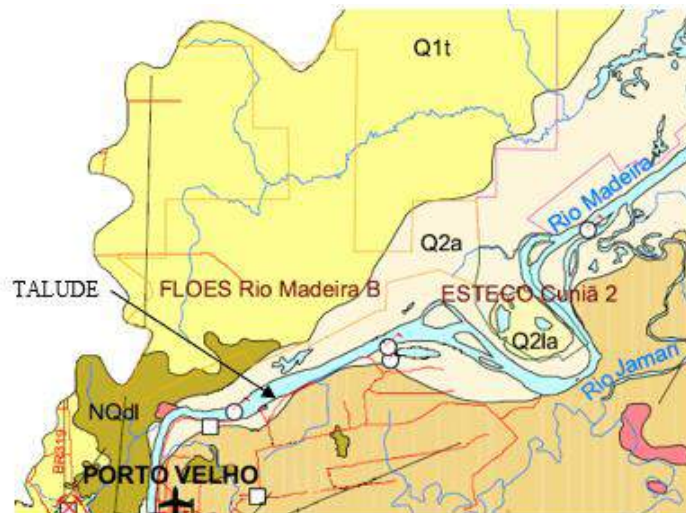
Figura 15. Trincas no talude na margem direita do rio Madeira.

Nessa região, o rio Madeira comporta-se como um rio meandrante, com ampla planície aluvial. O relevo caracteriza-se por planícies e terraços de baixa declividade. O clima na bacia do rio Madeira na parte brasileira representa um clima tropical úmido de monção, correspondente à categoria “Am” da classificação de Köppen, caracterizado por uma grande precipitação pluviométrica anual acumulada e existência de pequeno período de seca.

3.3. Aspectos Geológicos e Geomorfológicos

De acordo com a classificação Morfoestrutural (BRASIL, 2009), a região em estudo é composta por Depósitos Sedimentares Quaternários, constituídos pelas áreas de acumulação representadas por planícies e terraços de baixa declividade e, eventualmente, depressões modeladas sobre depósitos de sedimentos horizontais a sub-horizontais de ambientes fluviais, marinhos, fluviomarinhos, lagunares e/ou eólicos.

O sistema fluvial do rio Madeira nesse trecho flui por terrenos de coberturas sedimentares cenozoicas, representadas pelas formações em terraços fluviais, depósitos aluvionares e coberturas detrito-lateríticas ferruginizadas. As coberturas cenozóicas de Rondônia compreendem depósitos terciários e quaternários continentais controlados por diversos fatores, com destaque para os fatores tectônicos, litológicos e climáticos. (QUADROS, 2010). Como unidade litoestratigráfica na região, ocorrem os Depósitos Aluvionares holocênicos (Q2a) (Figura 16), constituídos por sedimentos aluvionares e coluvionares, depositados nos canais fluviais e planícies de inundação dos sistemas de drenagem. Os sedimentos são compostos por materiais detríticos arenosos, siltosos e argilosos, com níveis de cascalho (CPRM, 2007).



- Q2a** Depósitos Aluvionares (a): depósitos arenosos, siltosos e argilosos, com níveis de cascalho. Ambiente fluvial
- Q1t** Terraços Fluviais (t): sedimentos arenosos e siltosos, cascalhos inconsolidados, ferruginizados ou não, com níveis de matéria orgânica. Sistema fluvial meandrante
- NQdl** Coberturas detrito-lateríticas (dl): depósitos argilo-arenosos e silico-arenosos, ricos em concreções ferruginosas; horizonte argiloso/mosqueado, crosta laterítica ferruginosa, concrecionária ou colunar, além materiais coluvionares e eluvionares ricos em detritos lateríticos e fragmentos de quartzo

Figura 16. Mapa geológico na região do talude em estudo. (Fonte: CPRM, 2007)

3.4. Aspectos Geotécnicos

Visando conhecer a área em estudo foram executadas sondagens a percussão e retiradas amostras de solo indeformadas para ensaios de laboratório.

3.4.1. Investigações de campo

Nove sondagens a percussão realizadas de acordo com a NBR 6484 permitiram conhecer a estratigrafia do local. A Figura 17 apresenta a planta com a locação das sondagens. Seus boletins são apresentados no Anexo I.

O perfil do subsolo é caracterizado basicamente por camadas alternadas de areias argilosas e areias siltsosas, com valores de N com tendência crescente com a profundidade. Na parte superior do talude foram identificadas camadas de argila siltsosa e silte argiloso, com valores de N_{SPT} variando entre 12 e 23 golpes, intercaladas com as

camadas arenosas. Foi identificada ainda uma camada de solo argiloso de baixa resistência, com valores de N_{SPT} inferiores a 5 golpes, com presença de matéria orgânica e espessura média de 8 m conforme apresentado na Figura 18.

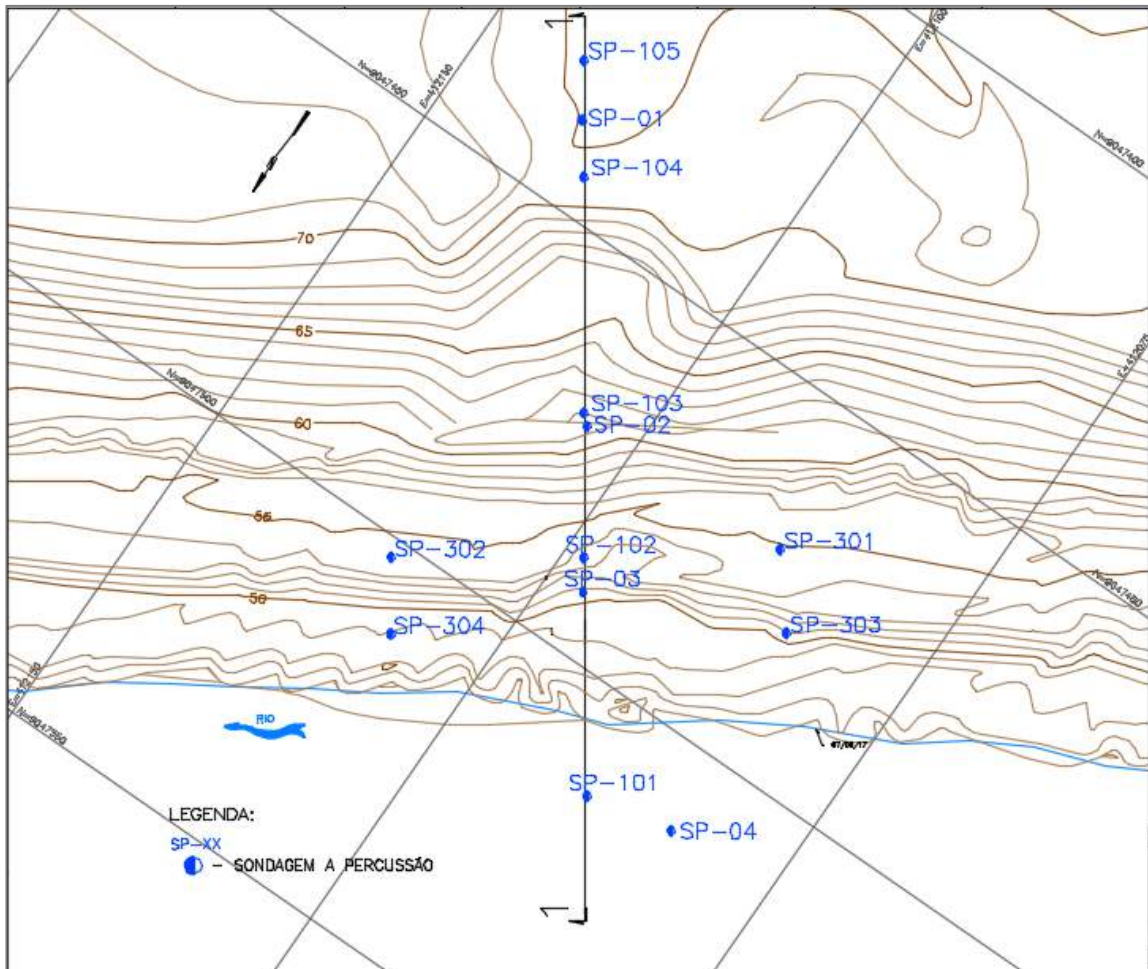


Figura 17. Planta com locação das sondagens (Nível d'água do rio Madeira em 07/08/2017).

LEGENDA:

(SP) – SONDAGEM A PERCUSSÃO

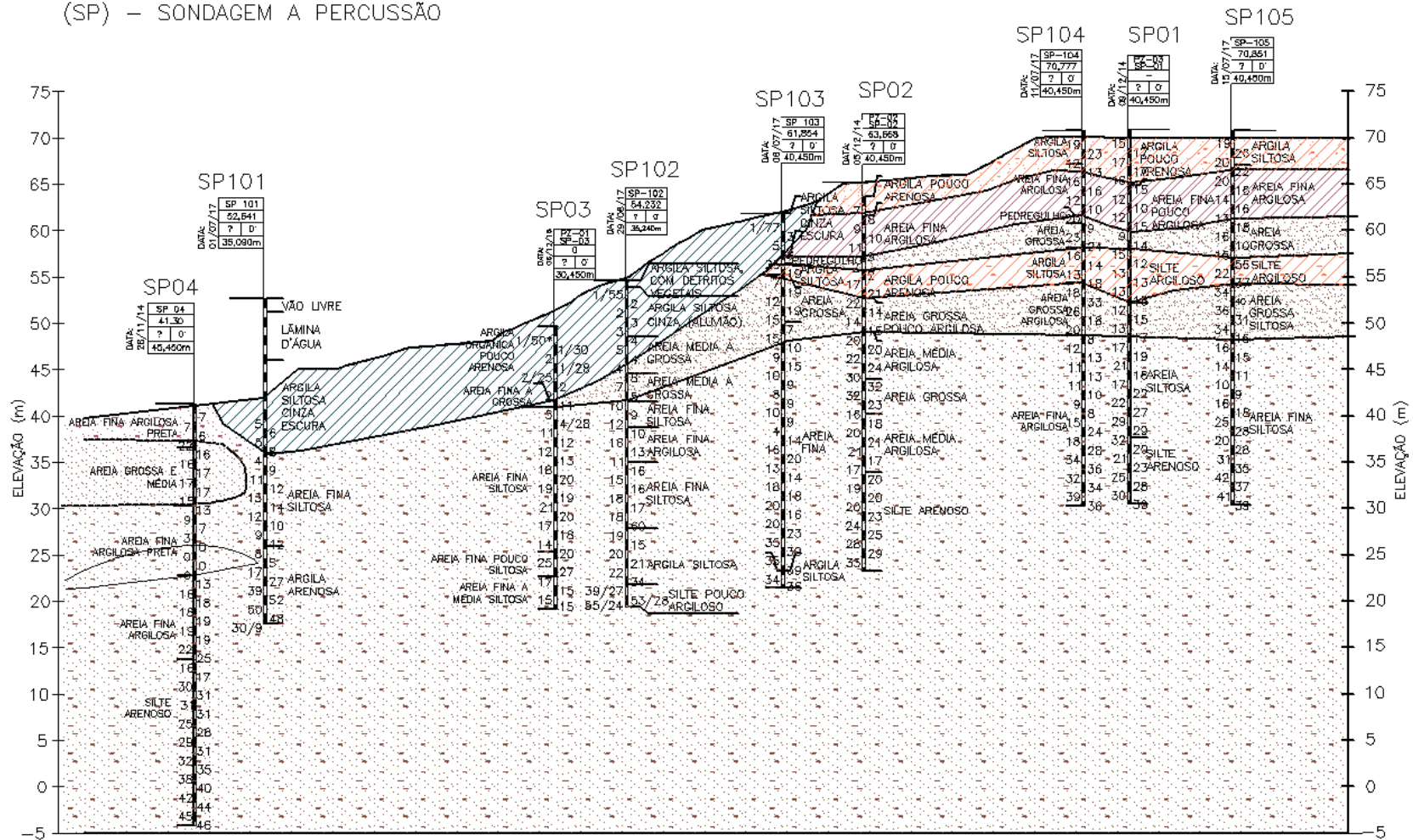


Figura 18. Perfil do subsolo.

3.4.2. Ensaio de laboratório

Os ensaios de laboratório apresentados neste trabalho foram realizados pela empresa Pattrol Investigações Geotécnicas para o desenvolvimento do projeto de estabilização do referente talude desenvolvido pela empresa PCE Projetos e Consultorias de Engenharia. Aqui são apresentadas as metodologias que foram adotadas pelas respectivas empresas para realização dos ensaios e os resultados obtidos. É efetuada ainda neste item uma análise independente dos resultados destes ensaios.

Para caracterização e obtenção de parâmetros geotécnicos do solo do local foram realizados ensaios de Caracterização completa, Adensamento Oedométrico e Triaxial CIU em amostras indeformadas coletadas junto aos furos das sondagens SP 301, SP 302 e SP 304 em camisas de amostradores tipo Shelby.

As amostras SP 301-AM3M e SP 302-AM3M foram coletadas em material mais próximo à superfície do terreno, cujos boletins de sondagens apontam solo aluvionar argilo siltoso cinza de baixa resistência. As amostras SP 301 – AM 6 M, SP 304 - AM 3 M e SP 304 - AM 6 M foram coletadas, de acordo com os boletins de sondagens, em areia fina argilosa aluvionar amarelada. A amostra SP 302 - AM 6 M foi coletada na transição entre os dois materiais citados. A identificação destas amostras e respectiva profundidade em que foram coletadas são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7- Identificação das amostras.

Amostra (identificação)	Profundidade	Solo
SP 301 – AM 3 M	7,10 a 7,80 m	Argila siltosa cinza. N = 6 e 7
SP 301 – AM 6 M	10,10 a 10,80 m	Areia fina argilosa, pouco siltosa, amarela. N = 13 e 15
SP 302 - AM 3 M	3,00 a 3,80 m	Argila siltosa cinza. N = 3 e 5
SP 302 - AM 6 M	9,90 a 10,60 m	Areia fina argilosa, pouco siltosa, amarela. N = 4
SP 304 - AM 3 M	11,75 a 12,45 m	Areia fina argilosa, pouco siltosa, amarela. N = 10
SP 304 - AM 6 M	14,75 a 15,45 m	Areia fina argilosa, pouso siltosa, amarela. N = 14

As amostras foram extraídas com amostrador tipo Shelby e posteriormente moldadas seguindo os procedimentos recomendados por Ladd & DeGroot (2003),

buscando-se minimizar perturbações no solo. O Shelby foi cortado transversalmente com uma serra fina, formando sub-amostras. Estas, por sua vez, foram separadas da parede do tubo com o auxílio de um fio de aço, extraída e, em seguida, moldada conforme requerido.

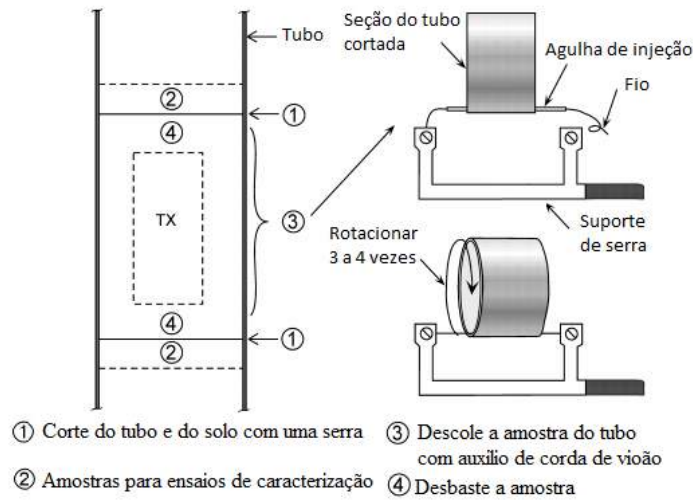


Figura 19- Procedimento para extração do solo do tubo de amostragem (Ladd & DeGroot, 2003).



Figura 20- Exemplo do procedimento de extração do solo do tubo de amostragem realizado nas amostras apresentadas neste trabalho. (Fonte: Patrol Investigações Geotécnicas)

Buscando avaliar a qualidade das amostras indeformadas foi utilizado o critério de classificação de Oliveira (2002) adaptado para as argilas Brasileiras. Este critério faz uso da curva de compressão edométrica obtida pelo ensaio de adensamento oedométrico e do valor da relação $\Delta e/e_0$:

$$\Delta e/e_0 = \frac{e_0 - e_{v0}}{e_0} \quad (13)$$

Onde:

e_0 : índice de vazios inicial do corpo de prova;

e_{v0} : índice de vazios correspondente à tensão vertical efetiva de campo.

Tabela 8- Critério de avaliação da qualidade da amostra (Oliveira, 2002).

	Muito Boa a Excelente	Boa a Regular	Pobre	Muito Pobre
$\Delta e/e_0$	< 0,05	0,05 – 0,08	0,08 – 0,14	> 0,14

A Tabela 9 apresenta a avaliação da qualidade das amostras indeformadas utilizadas neste trabalho. A Tabela está organizada em função da profundidade em que as amostras foram coletadas.

Tabela 9- Avaliação da qualidade das amostras indeformadas segundo OLIVEIRA, 2002.

Amostra (identificação)	Profundidade	Tensão vertical total (kPa)	Tensão vertical efetiva (kPa)	e_0	e_{v0}	$\Delta e/e_0$	Qualidade
SP 302 - AM 3 M	3,00 a 3,80 m	48,4	48,4	0,895	0,854	0,046	Muito boa a excelente
SP 301 – AM 3 M	7,10 a 7,80 m	112,7	93,2	0,782	0,730	0,066	Boa a regular
SP 302 - AM 6 M	9,90 a 10,60 m	138,8	85,0	1,035	0,919	0,112	Pobre
SP 301 – AM 6 M	10,10 a 10,80 m	153,9	104,4	0,834	0,757	0,092	Pobre
SP 304 - AM 3 M	11,75 a 12,45 m	180,1	61,1	0,793	0,729	0,081	Pobre
SP 304 - AM 6 M	14,75 a 15,45 m	228,5	77,5	0,779	0,717	0,079	Boa a regular

Como pode ser visto, segundo o critério de Oliveira (2002), as amostras coletadas em material mais próximo à superfície do terreno, cujos boletins de sondagens apontam solo aluvionar argilo siltoso cinza de baixa resistência, são avaliadas como “muito boa a excelente” e “boa a regular”.

Já as amostras coletadas na camada abaixo do solo de baixa resistência são avaliadas como “pobres”, com exceção da amostra SP 304 - AM 6 avaliada como “boa a regular”.

3.4.2.1. Ensaios de Caracterização

Os ensaios de caracterização compreenderam análise granulométrica por peneiramento e sedimentação, determinação de umidade natural (w_{nat}), densidade real dos grãos (Gs) e Limites de Atterberg. Os resultados destes ensaios são apresentados no Anexo II-1.

Granulometria por peneiramento e sedimentação

A análise granulométrica visa determinar as dimensões das partículas do solo e suas proporções em porcentagem. Os ensaios foram realizados seguindo a norma técnica NBR 7181/16 – ABNT. Para partículas de solo com tamanho superior a 0,075mm (peneira nº 200) o ensaio foi feito por peneiramento, passando a amostra do solo por uma série de peneiras de malhas quadradas e dimensões padronizadas. Para partículas de solo com tamanho menor que 0,075mm foi utilizado o método de sedimentação em meio líquido. As curvas granulométricas obtidas nos ensaios de granulometria são apresentadas em Anexo.

Massa específica real dos grãos

A massa específica real dos grãos foi determinada seguindo os procedimentos definidos na norma NBR 6508/16 – ABNT. O método consiste basicamente em definir a característica dos solos determinada pela relação entre a massa dos grãos e seu volume. Os resultados dos ensaios são apresentados em Anexo, contendo a média de pelo menos duas determinações de massa específicas consideradas satisfatórias.

Umidade natural

O teor de umidade do solo foi determinado pelo método da estufa, cujo procedimento é normatizado pela NBR 6457/16 – ABNT. O teor de umidade de uma amostra de solo consiste na razão entre o peso da água (Pa) contido em certo volume de solo e o peso da parte sólida (Ps) existente nesse mesmo volume, expressa em porcentagem.

Limites de Atterberg

Os limites de Atterberg permitem determinar as fronteiras entre os diferentes estados de consistência que o solo pode ter em função da quantidade de água presente no mesmo. Os índices determinados nestes ensaios indicam a influência dos finos argilosos no comportamento do solo.

Objetivando a caracterização do solo segundo sua plasticidade determinou-se o limite de liquidez (LL) e o limite de plasticidade (LP), os quais são função da quantidade e do tipo de argila presente no solo. Estes ensaios foram realizados seguindo os procedimentos definidos na norma NBR 6459/16 e NBR 7180/16, respectivamente. A diferença numérica entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade fornece o índice de plasticidade. Este índice, por ser máximo para as argilas e mínimo para as areias, torna-se importante para avaliação do caráter argiloso do solo.

Na Tabela 10 é apresentado o resumo dos resultados dos ensaios de caracterização, bem como as classificações destes solos de acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) e com a Highway Research Board (HRB) e, também, o índice de atividade das argilas.

Tabela 10. Resultados dos ensaios de caracterização.

Identificação	Profundidade	Análise granulométrica						Limites de Atterberg			Classificação		Índice de atividade
		Pedregulho (%)	Areia grossa (%)	Areia média (%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	SUCS	HRB	
SP 302 - AM 3 M	3,00 a 3,80 m	0	0	0,3	23,5	66	10,2	25,1	17,3	7,8	CL	A 4	0,76
SP 301 - AM 3 M	7,10 a 7,80 m	0	0	0,3	20,8	69,4	9,5	24,2	17,2	7	CL-ML	A 4	0,74
SP 302 - AM 6 M	9,90 a 10,60 m	0	0,1	0,2	4,9	81,9	13	32,9	14,9	18	CL	A 6	1,38
SP 301 - AM 6 M	10,10 a 10,80 m	0	0	0,1	6,4	83,3	10,2	29,6	17,8	11,8	CL	A 6	1,16
SP 304 - AM 3 M	11,75 a 12,45 m	0	0	0,2	15,5	73,5	10,8	27,5	13,6	13,9	CL	A 6	1,29
SP 304 - AM 6 M	14,75 a 15,45 m	0	0	0,3	17,4	71,7	10,6	25,4	15,8	9,6	CL	A 4	0,91

Os resultados dos ensaios mostram que se tratam de solos com elevada quantidade de material fino, sendo a maior porcentagem silte. De acordo com o sistema HRB estes solos são classificados em argilosos (A6) e siltosos (A4). Pelo Sistema Unificado (SUCS) são classificados em argilas de baixa compressibilidade.

Nas amostras SP 302-AM6M e SP 304-AM3M o índice de atividade é maior que 1,25 indicando que a argila presente nestes solos é considerada ativa. Nas demais amostras o índice de atividade encontra-se no intervalo em que a argila presente no solo é considerada normal.

3.4.2.2. *Ensaio de Adensamento Oedométrico*

O ensaio de Adensamento oedométrico, também conhecido como ensaio de adensamento convencional, tem por objetivo obter informações a respeito das características de compressibilidade do solo.

O ensaio baseia-se na teoria de adensamento desenvolvida por Terzaghi e Frohlich (1936) e consiste em colocar uma amostra de solo no interior de um anel rígido e o conjunto em uma célula de adensamento. No topo e na base são inseridas pedras porosas para permitir a drenagem do corpo de prova. O conjunto é levado à prensa e submetido a tensões verticais aplicadas em vários estágios de carregamento.

Os corpos de prova das amostras indeformadas foram talhados com diâmetro aproximado de 63 mm e altura aproximada de 25 mm. Os ensaios foram realizados em 8 estágios de carregamento, nas tensões de 5 kPa; 10 kPa; 20 kPa; 40 kPa; 80 kPa; 160 kPa; 320 kPa; 640 kPa e 4 estágios de descarregamentos, nas tensões de 320 kPa, 80 kPa, 20 kPa e 5 kPa. Foi utilizado o equipamento tipo prensa servo controlada. O ensaio foi inundado logo após a aplicação do primeiro carregamento, de 5 kPa.

O critério para aplicação de novo estágio de carga foi o da velocidade de deformação: um novo carregamento foi aplicado quando a velocidade de deformação atingiu o valor de 10^{-6} s^{-1} , sendo a velocidade de deformação dada por:

$$V = \frac{\Delta H/H}{\Delta t} \quad (14)$$

Onde:

ΔH : variação da altura do corpo de prova

H : altura do corpo de prova

Δt : variação do tempo de ensaio

No final de todos os estágios de carregamento obteve-se a variação do índice de vazios em relação às tensões efetivas. e traçou-se as curvas para determinação do coeficiente de adensamento pelos métodos de Taylor e Casagrande. O tipo de prensa utilizada, prensa servo controlada, possui uma limitação no início dos carregamentos em que não consegue acompanhar a velocidade inicial de adensamento da amostra e, por conseguinte, não aplica o incremento de carga de forma instantânea no início do estágio. Posto isto, foi aplicada uma correção nos gráficos de modo a tentar compensar esta diferença. A Figura 21, a título de ilustração, apresenta o gráfico pelo método de Taylor obtido no ensaio e corrigido para a amostra SP 301 AM3M.

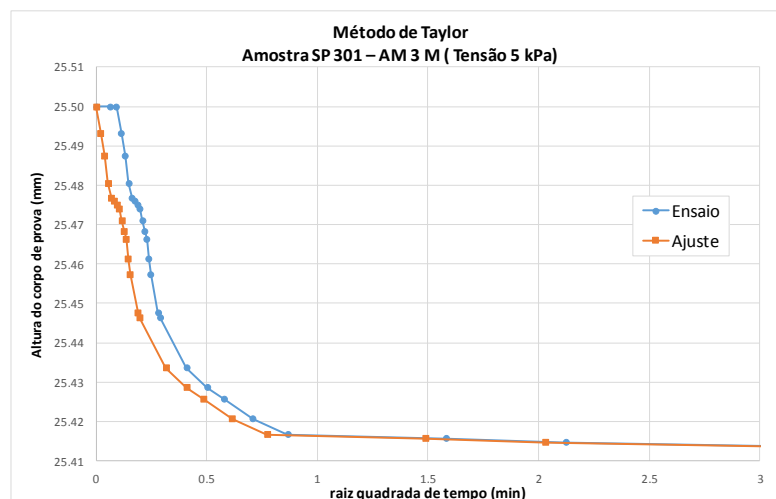


Figura 21-Ilustração da correção realizada nos gráficos.

As tensões de pré-adensamento foram calculadas pelo processo de Pacheco Silva. Os gráficos obtidos com os resultados dos ensaios são apresentados no Anexo II-2.

De acordo com a sondagem SP-304, a amostra SP 304-AM-3M foi coletada na transição entre dois tipos de solo diferentes, sendo, por este motivo, desprezada, pois o resultado do ensaio não é representativo para avaliação das características de

compressibilidade de cada material. O resumo dos resultados apresentado na Tabela 11 mostra que a camada de solo mais próxima à superfície, apontada como sendo solo aluvionar argilo siltoso cinza de baixa resistência (amostras SP 302-AM3M e SP 301-AM3M), se trata de solo sobre-adensado e na profundidade da amostra SP 302-AM6M o solo se mostrou praticamente normalmente adensado. Nas amostras coletadas em maiores profundidades, SP 301-AM6M e SP 304-AM6M, a interpretação resultou em tensões de sobre-adensamento menores do que as tensões verticais efetivas *in situ*. Esta divergência pode ocorrer por perturbações nas amostras geradas pela coleta em maiores profundidades (SP 301-AM6M – pobre e SP 304-AM6M – boa a regular, conforme Tabela 9). Ressalta-se também a incerteza na determinação da tensão vertical efetiva na profundidade de coleta em função dos excessos de poropressão gerados pelo efeito de rebaixamento rápido, que são objeto de discussão no item 4.2.

Tabela 11. Dados obtidos através dos ensaios de adensamento oedométrico.

Identificação	Profundidade	e_o	ρ (g/cm ³)	w (%)	γ_s (kN/m ³)	γ (kN/m ³)	σ_{v0} (kPa)	σ_{vm} (kPa)
SP 302 - AM 3 M	3,00 a 3,80 m	0.895	2.741	0.3218	26.89	14.24	48.4	133.0
SP 301 - AM 3 M	7,10 a 7,80 m	0.782	2.741	0.2807	26.89	15.13	93.2	135.0
SP 302 - AM 6 M	9,90 a 10,60 m	1.035	2.798	0.3619	27.45	13.54	85.0	96.0
SP 301 - AM 6 M	10,10 a 10,80 m	0.834	2.745	0.3037	26.93	14.73	104.4	83.0
SP 304 - AM 3 M	11,75 a 12,45 m	0.793	2.713	0.2844	26.61	14.89	61.1	-
SP 304 - AM 6 M	14,75 a 15,45 m	0.779	2.737	0.2845	26.85	15.14	77.5	50.0

Os valores de c_v obtidos, calculados para cada estágio de carregamento, são apresentados na Figura 22 e Figura 23.

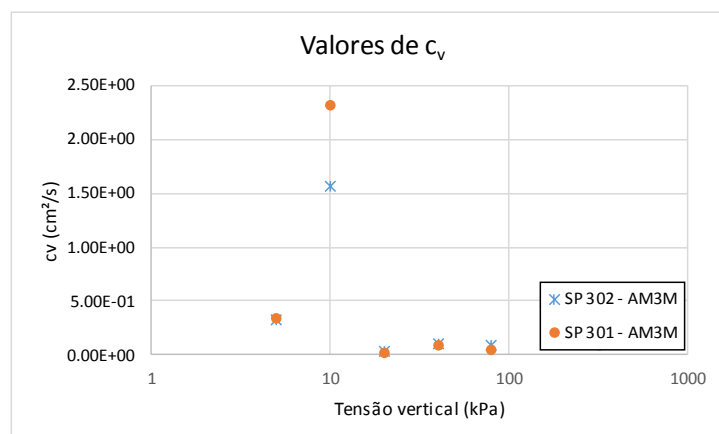


Figura 22- Valores de c_v obtidos – Amostras em 3,0 a 7,8m de profundidade.

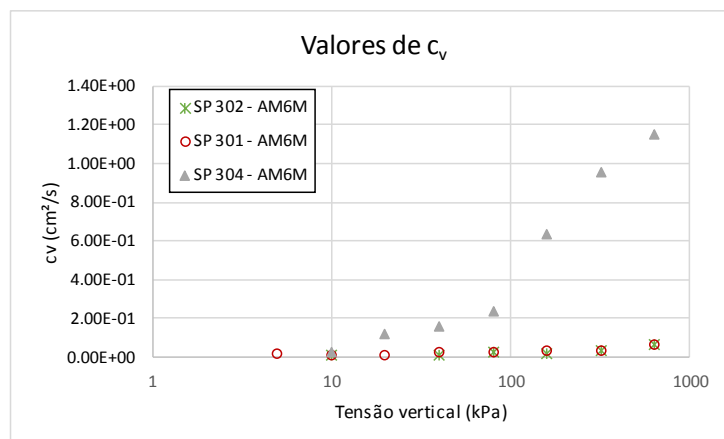


Figura 23- Valores de c_v obtidos – Amostras em 9,9 a 15,45m de profundidade.

Nas amostras de solo argiloso (SP 302-AM3M e SP 301-AM3M) os valores de c_v variam entre $2,32 \times 10^{-0} \text{ cm}^2/\text{s}$ e $2,5 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$. Nas demais amostras, varia entre $1,15 \times 10^{-0} \text{ cm}^2/\text{s}$ e $5,3 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$.

Para o estágio de carregamento de 5 kPa nos ensaios com as amostras SP 302-AM6M e SP 304-AM6M as curvas obtidas apresentaram comportamento muito diferente do esperado pela teoria, sendo por este motivo consideradas não representativas para o cálculo de c_v .

O ensaio de adensamento oedométrico permitiu ainda estimar o valor do coeficiente de permeabilidade (k) indiretamente a partir do coeficiente de adensamento (c_v), fazendo consideração da seguinte equação:

$$c_v = \frac{k}{\gamma_w \cdot m_v} \therefore k = \gamma_w \cdot m_v \cdot c_v \quad (15)$$

Em que:

m_v : coeficiente de variação volumétrica dado por $m_v = d\varepsilon_v/d\sigma_v$

γ_w : peso específico da água

A Tabela 12 apresenta os valores dos coeficientes de permeabilidade obtidos.

Tabela 12. Valores dos coeficientes de permeabilidade (k) obtidos.

Identificação	Profundidade	σ_v (kPa)	k (m/s)
SP 302 - AM 3 M	3,00 a 3,80 m	5	2.06E-07
		10	1.08E-06
		20	1.42E-08
		40	3.55E-08
		80	1.87E-08
		160	6.18E-08
		320	2.16E-08
		640	2.20E-08
SP 301 – AM 3 M	7,10 a 7,80 m	5	2.19E-07
		10	1.69E-06
		20	1.34E-08
		40	3.32E-08
		80	1.04E-08
		160.5	4.83E-08
		321	1.06E-08
		642	1.02E-08
SP 302 - AM 6 M	9,90 a 10,60 m	5	-
		10	1.63E-08
		40	5.23E-09
		80	8.04E-09
		160	3.90E-09
		320	4.37E-09
		640	5.94E-09
SP 301 – AM 6 M	10,10 a 10,80 m	5	6.69E-09
		10	6.21E-09
		20	7.32E-09
		40	1.33E-08
		80	8.08E-09
		160	6.71E-09
		319	3.63E-09
		638.5	5.07E-09
SP 304 - AM 6 M	14,75 a 15,45 m	5	-
		10	2.64E-08
		20	7.75E-08
		40	6.95E-08
		80.5	8.56E-08
		160.5	9.71E-08
		321	9.53E-08
		642	6.77E-08

Os valores do coeficiente de permeabilidade das amostras de solo argiloso (SP 302-AM3M e SP 301-AM3M) variaram entre $1,69 \times 10^{-6}$ m/s e $1,02 \times 10^{-8}$ m/s. Nas demais amostras, variam entre $9,71 \times 10^{-8}$ m/s e $3,63 \times 10^{-9}$ m/s.

3.4.2.3. *Ensaio Triaxial*

A realização do ensaio de compressão triaxial tem por finalidade obter parâmetros de resistência ao cisalhamento e deformabilidade dos solos. O ensaio consiste em aplicar em um corpo de prova cilíndrico de solo, envolvido por uma membrana de látex, uma pressão de água denominada pressão confinante que atua em todas as direções, ficando o corpo de prova sob um estado hidrostático de tensões. Na sequência, é dado um carregamento axial de compressão. O carregamento axial pode ser feito de duas maneiras: por meio da aplicação de forças no pistão que penetra na câmara, chamado de ensaio com carga controlada; ou colocando-se a câmara em uma prensa que a desloca para cima, pressionando o pistão, chamado de ensaio de deformação controlada. Durante o carregamento, medem-se, a diversos intervalos de tempo, o acréscimo de tensão axial que está atuando e a deformação vertical do corpo de prova.

Durante o ensaio, a drenagem pode ser permitida ou não. Quando a drenagem não é permitida, a água ficará sob pressão em qualquer fase do ensaio e as poropressões induzidas pelo carregamento podem ser medidas. Três são os tipos de ensaios mais comumente realizados no que se refere às condições de drenagem: 1 - ensaios não adensados e não drenados (UU); 2 - ensaios adensados isotropicamente e não drenados (CIU) e 3 - ensaios adensados isotropicamente e drenados (CID).

O ensaio triaxial realizado com as amostras de solo do talude em discussão neste trabalho se trata do tipo CIU. Para realização do ensaio os corpos de prova das amostras foram talhados com diâmetro aproximado de 50 mm e altura de 100 mm e submetidos a três níveis de tensões de confinamento: 90, 140 e 190 kPa. A montagem dos corpos de prova foi feita similarmente ao disposto em Thomasi (2000) e consistiu em apoiar as extremidades do corpo de prova em membranas de látex untadas com graxa de silicone, conforme técnica das extremidades livres, descrita em Rowe e Bardem (1964). Estas membranas, por sua vez, foram apoiadas em discos de acrílico, sendo o inferior com orifício central preenchido por pedra porosa. Em seguida posicionou-se o corpo de prova sobre a pedra-porosa previamente saturada e envolveu lateralmente todo o conjunto com dois papéis-filtro. Colocou-se o top-cap, cobriu-se o corpo de prova com duas membranas de látex untadas por graxa de silicone, uma de cada vez, e, por fim, foram colocados os elásticos na base e no top-cap.

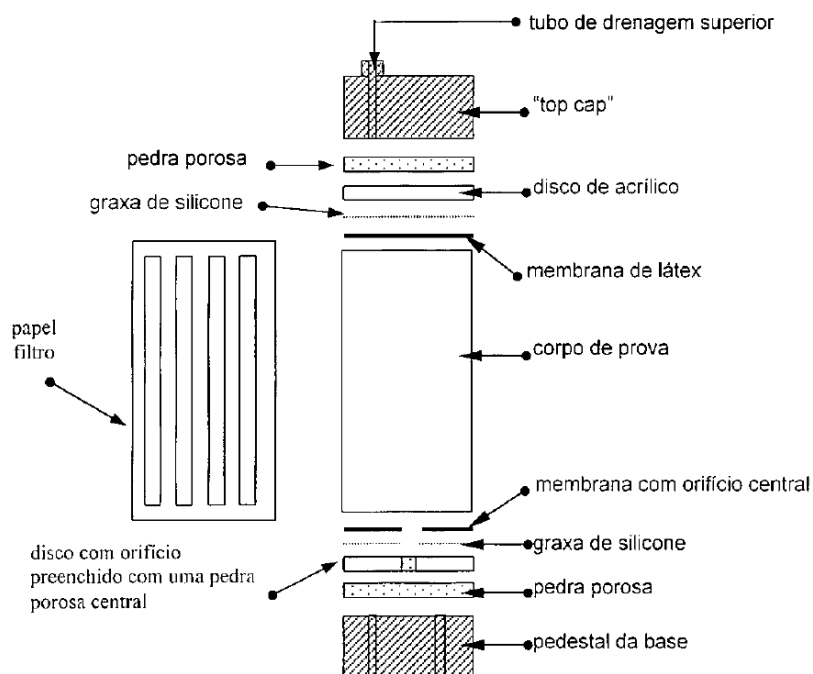


Figura 24- Esquema de montagem do corpo de prova (THOMASI, 2000).

O ensaio foi realizado em células de confinamento em amostras isoladas por papel filtro com características, dimensões e disposição de acordo com Bishop & Henkel (1962) e teve fases de saturação por percolação e saturação por contrapressão.

A embebição por percolação e a saturação por contra-pressão foram realizadas na própria prensa servo-controlada utilizando-se do seu próprio sistema de aplicação de pressão que também foi utilizado nas fases de adensamento e cisalhamento. Na fase de embebição por percolação foi monitorado o volume de água que entra no corpo de prova e o que sai para avaliação da absorção do corpo de prova.

Para o processo de saturação do corpo de prova por contrapressão, o valor utilizado foi o mesmo para todos os pontos do ensaio. A saturação por contrapressão foi efetuada com incrementos de 10 kPa e 1 kPa de diferença entre a sigma cell e a contrapressão. Estes incrementos foram mantidos até o valor do Parâmetro B atingir no mínimo 0,98.

Na fase de adensamento foi feita a leitura da resposta da poropressão, através de um transdutor de pressão acoplado na válvula ligada ao topo do corpo de prova, resultante da aplicação dos acréscimos das pressões totais de adensamento da amostra, com as válvulas de drenagem fechadas, para confirmar o parâmetro B de saturação e ser a referência de leitura para o acompanhamento da fase de adensamento. Nesta fase,

aguardou-se a dissipação da poropressão e a estabilização volumétrica em cada pressão aplicada para prosseguimento como forma de confirmar o final do adensamento.

O adensamento foi feito em estágios de carga, iniciando com 90 kPa e aumentando até chegar-se na tensão de confinamento desejada. Desta forma, o segundo ponto possui dois estágios e o terceiro ponto três estágios.

Na fase de cisalhamento os ensaios foram executados conforme indicado na Tabela 13. Sendo a fase inicial dos ensaios, na velocidade de 0,01 %/min com duração de 300 minutos e a fase intermediária, na velocidade de 0,001 %/min, com duração de 1500 minutos. O restante do ensaio, até a ruptura, ocorreu na velocidade de 0,01 %/min.

Tabela 13. Execução dos ensaios - Fase de cisalhamento.

Ensaio	Velocidade Inicial (%/min)	Velocidade Intermediária (%/min)	Velocidade Final (%/min)	Tensão de Adensamento (kPa)
CIU-1	0,01	0,001	0,01	90
CIU-2	0,01	0,001	0,01	140
CIU-3	0,01	0,001	0,01	190

As envoltórias de resistência obtidas através dos ensaios são apresentadas no Anexo II-3. Na Tabela 14 são apresentados os parâmetros de resistência em termos de tensões totais e efetivas obtidos pelos ensaios triaxiais CIU.

Tabela 14. Parâmetros de resistência obtidos através dos ensaios triaxiais CIU.

Identificação	Profundidade	Tensão Total		Tensão Efetiva	
		c (kPa)	ϕ (°)	c' (kPa)	ϕ' (°)
SP 302 - AM 3 M	3,00 a 3,80 m	11,3	16,5	9,69	31,9
SP 301 - AM 3 M	7,10 a 7,80 m	13,9	18	11,8	30,5
SP 302 - AM 6 M	9,90 a 10,60 m	14,7	20	0	35,1
SP 301 - AM 6 M	10,10 a 10,80 m	19,7	16,5	5,56	30,5
SP 304 - AM 3 M	11,75 a 12,45 m	0	22,1	0	35,1
SP 304 - AM 6 M	14,75 a 15,45 m	22	15,6	12,9	30,5

Nota: ϕ = ângulo de atrito interno; c = intercepto coesivo.

Os ensaios triaxiais CIU realizados nas duas amostras de solo aluvionar argilo siltoso cinza, classificadas como qualidade “Muito boa a Excelente” (amostra SP 302-AM3M) e “Boa a Regular” (amostra SP 301-AM3M) forneceram parâmetros de coesão e

ângulo de atrito efetivo bastante próximos. Com bases nestes resultados pode se considerar o par de parâmetros $c' = 10 \text{ kPa}$ e $\phi' = 31^\circ$ como representativos desta camada.

Para as demais amostras, classificadas com qualidade inferior, não se observou convergência dos resultados.

4. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO TALUDE

O presente estudo foi realizado com base nos ensaios de laboratório descritos no item 3.4.2 e na instrumentação de campo instalada de forma a possibilitar monitorar o comportamento do talude ao longo do tempo.

Primeiramente buscou-se simular as condições de fluxo da água no subsolo e a distribuição das poropressões no talude através do programa SEEP/W da GeoStudio, levando em consideração as leituras dos piezômetros e medidores de nível d'água instalados no talude. Em seguida foram realizadas análises de estabilidade através do programa SLOPE/W da GeoStudio, buscando-se compreender as movimentações indicadas pelos inclinômetros. Para as análises de estabilidade foram considerados os parâmetros dos materiais obtidos pelos ensaios de laboratório.

A avaliação do comportamento do talude é apresentada na sequência.

4.1. Instrumentação geotécnica

Com o objetivo de acompanhar o comportamento da variação do nível d'água no talude, variação de poropressão e avaliação de possíveis movimentações no talude foram instalados três medidores de nível d'água no terreno, sete piezômetros elétricos de corda vibrante e quatro inclinômetros. Devido às características do perfil do subsolo, os piezômetros foram instalados em níveis diferentes, buscando observar a poropressão em diferentes tipos de materiais.

A instalação dos instrumentos ocorreu entre os meses de novembro e dezembro de 2016, exceto o inclinômetro 8 que foi instalado em julho de 2017 (Tabela 15). A Figura 25 ilustra a locação dos instrumentos em planta e a Figura 26 em seção transversal.

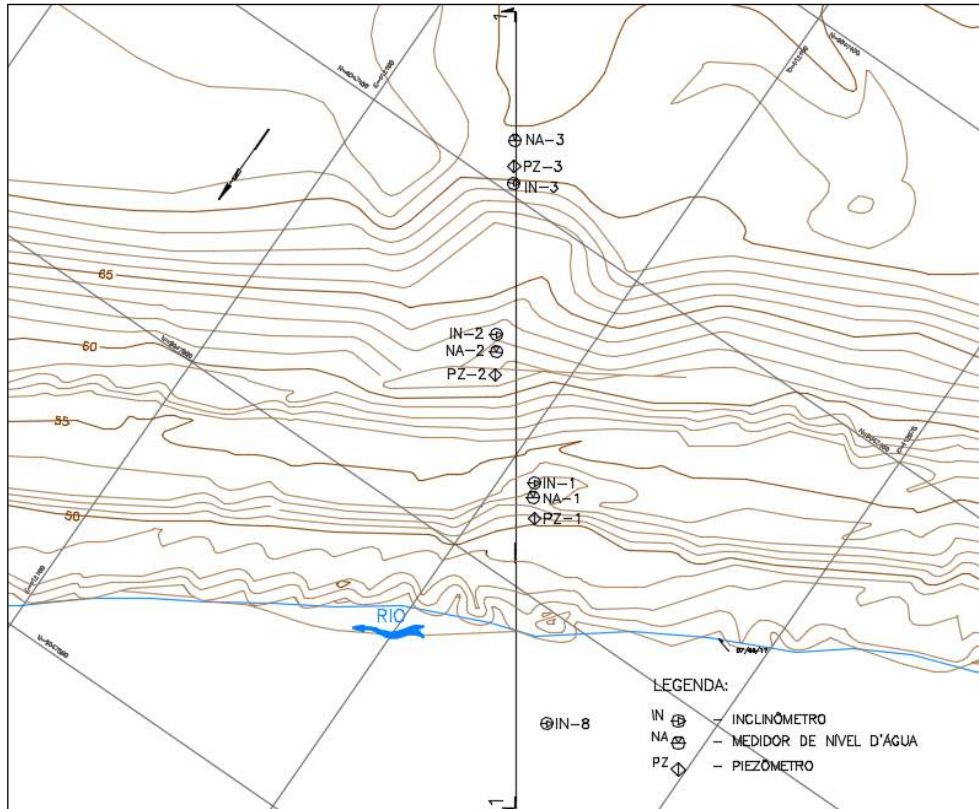


Figura 25. Localização dos instrumentos – Planta.

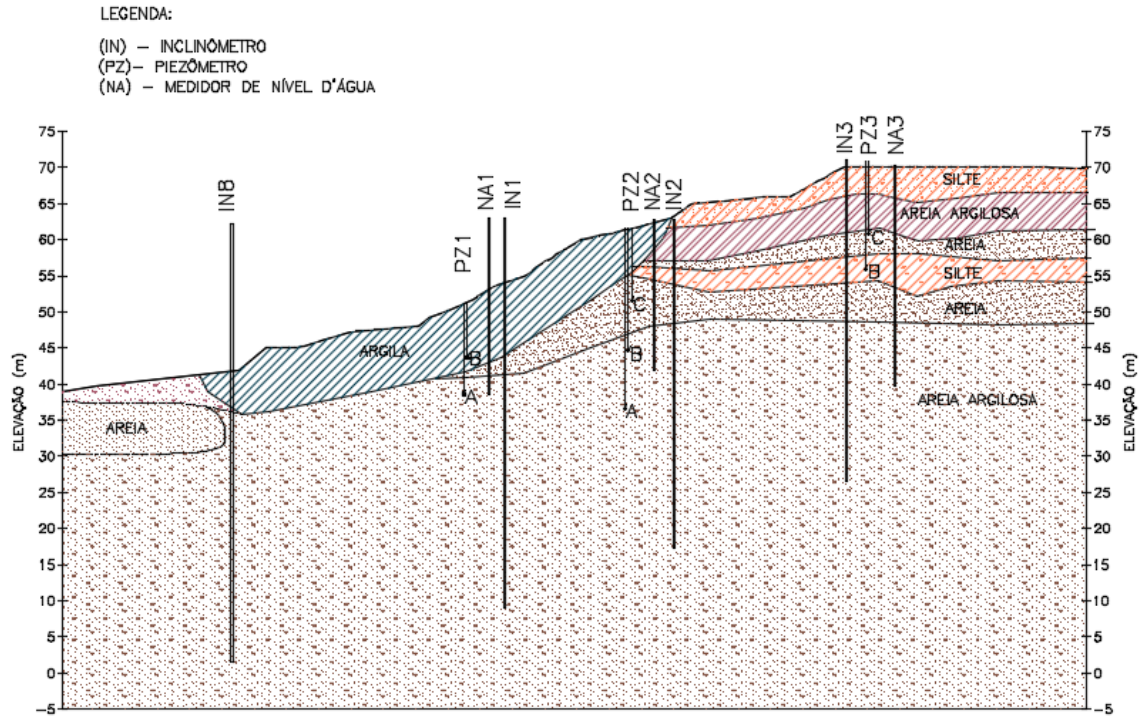


Figura 26. Localização dos instrumentos – seção transversal ao talude (seção 1).

Tabela 15- Instrumentos instalados.

Instrumentos	Comprimento (m)	Cota de Topo (m)	Cota do Fundo de instalação (m)	Data de instalação (dd/mm/aa)
NA1	13,98	52,58	38,6	29/11/2016
NA2	20,83	62,72	41,89	25/11/2016
NA3	30,43	70,22	39,79	25/11/2016
IN1	54	63,07	9,07	28/11/2016
IN2	45,4	62,87	17,47	24/11/2016
IN3	45,1	70,97	25,87	25/11/2016
IN8	60,7	43,051	1,56	12/07/2017
PZ1A	11	49,65	38,65	10/12/2016
PZ1B	6		43,65	12/12/2016
PZ2A	25	61,3	36,3	06/12/2016
PZ2B	17		44,3	06/12/2016
PZ2C	10		51,3	06/12/2016
PZ3B	15	70,91	55,91	03/12/2016
PZ3C	10		60,91	05/12/2016

Nota: (NA) – Medidor de nível d'água; (IN) – Inclinômetro; (PZ) – Piezômetro.

Foram consideradas as leituras dos instrumentos realizadas a partir de dezembro de 2016, quando o nível d'água do rio se encontrava subindo, até setembro de 2017, quando a leitura do nível d'água do rio atingiu a cota mais baixa, antes de voltar a subir. A tabela resumo com as leituras dos instrumentos é apresentada no Apêndice A.

Durante este período os inclinômetros indicaram deslocamentos no talude. O inclinômetro mais próximo do leito do rio, denominado inclinômetro 8, foi danificado em agosto de 2017, de modo que só foram consideradas leituras para o mês de julho. No Apêndice A são apresentadas figuras ilustrativas da evolução dos deslocamentos acumulados obtidos nos eixos A-A (perpendicular ao rio) e B-B (paralelo ao rio) dos inclinômetros ao longo de todo o período em análise. O resumo do progresso dos deslocamentos máximos mensais indicados pelos inclinômetros na direção perpendicular à calha rio são apresentados nas Figuras 26 a 29. O modelo utilizado para medição dos deslocamentos possui precisão global da ordem de 6,00 mm para profundidade de 30 metros.

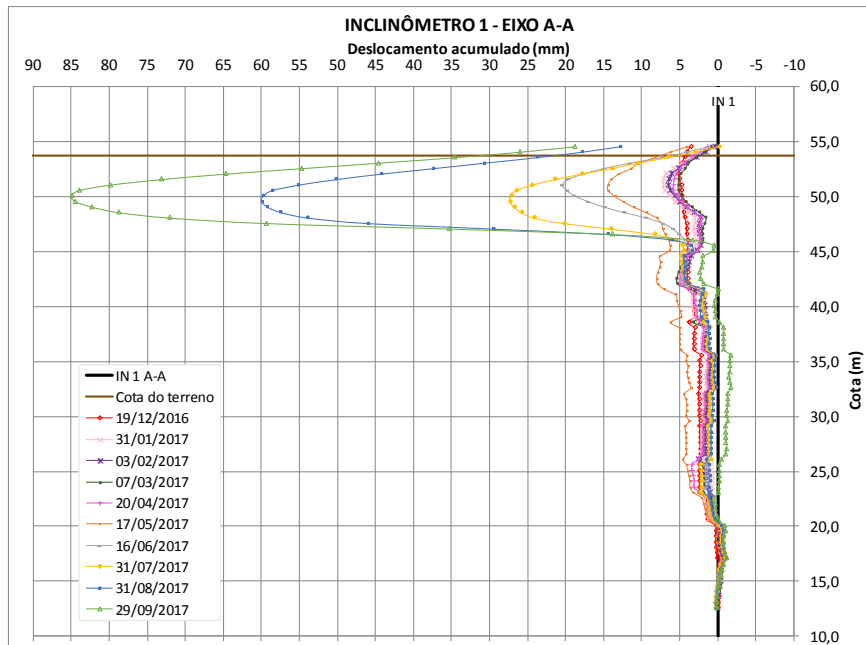


Figura 27. Deslocamentos indicados pelo inclinômetro 1 (eixo A-A). Leituras máximas mensais.

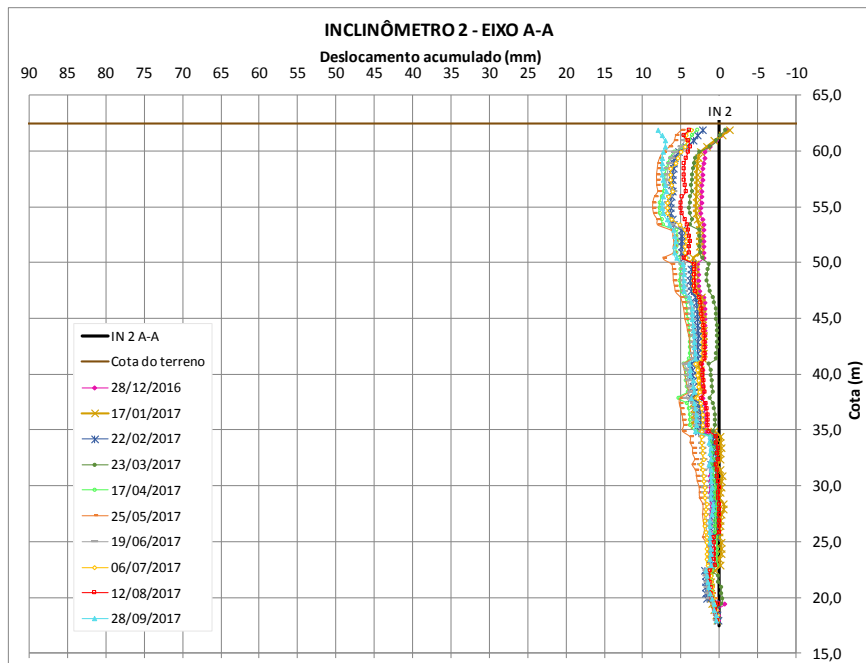


Figura 28. Deslocamentos indicados pelo inclinômetro 2 (eixo A-A). Leituras máximas mensais.

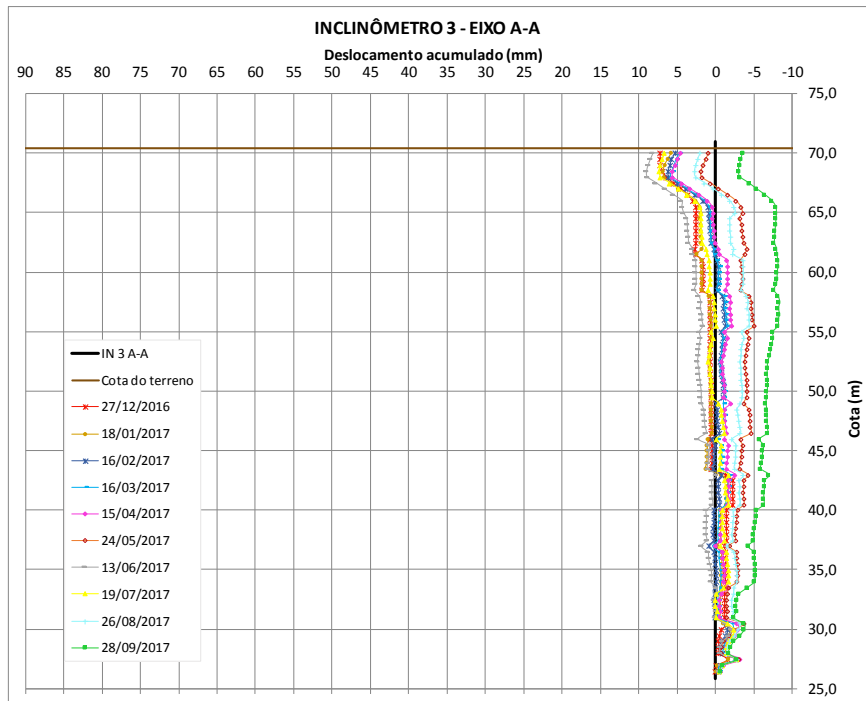


Figura 29. Deslocamentos indicados pelo inclinômetro 3 (eixo A-A). Leituras máximas mensais.

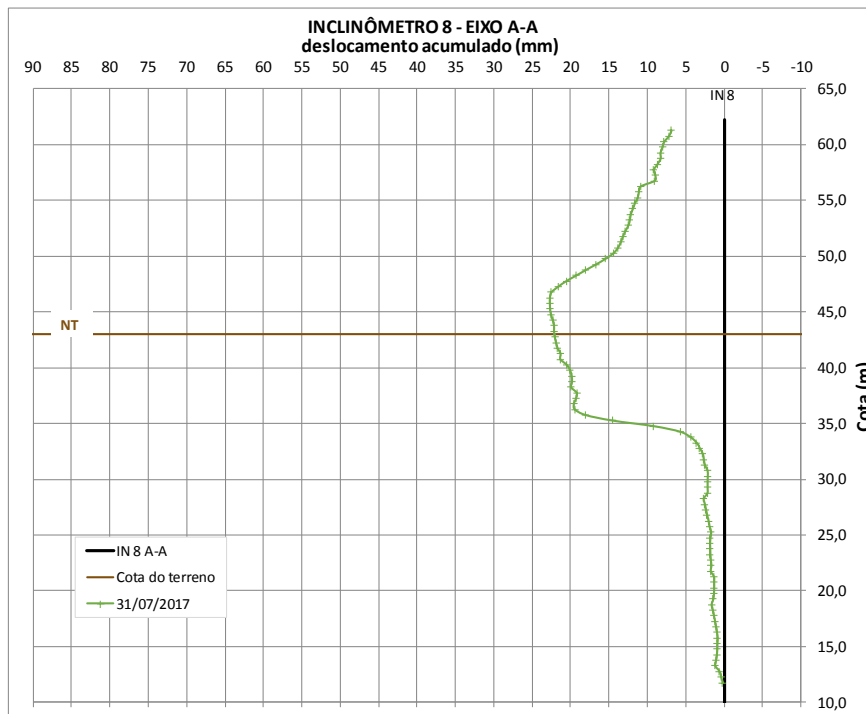


Figura 30. Deslocamentos indicados pelo inclinômetro 8. Leitura máxima mensal.

Como pode ser visto, a partir do mês de maio as leituras dos inclinômetros indicaram a ocorrência de deslocamentos horizontais perceptíveis, ultrapassando a precisão de 6mm, que seguiram aumentando ao longo do tempo.

A Figura 31 apresenta na seção os deslocamentos nos inclinômetros no mês de maio, data de início das movimentações significativas, e a Figura 32 apresenta os deslocamentos máximos indicados pelos inclinômetros até o mês de setembro de 2017, com exceção para o inclinômetro 8 cujo deslocamento indicado trata-se da data de 31/07/2017. Pode-se observar que os deslocamentos principais ocorreram na camada de material argiloso de baixa resistência.

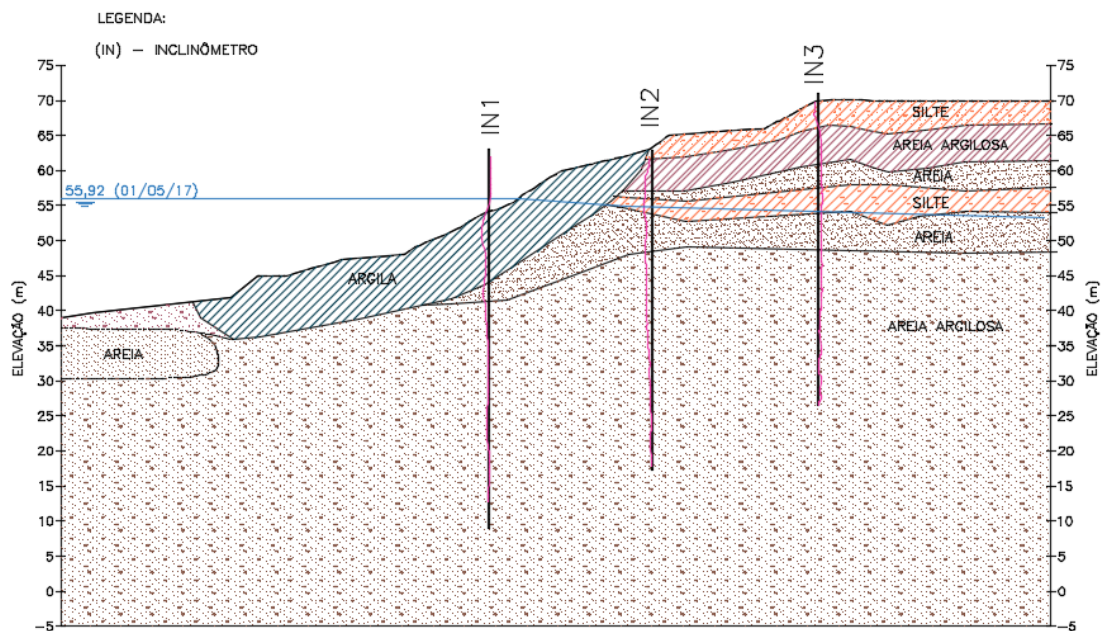


Figura 31. Deslocamentos indicados pelos inclinômetros no mês de maio de 2017 (exceto inclinômetro 8, instalado em julho de 2017).

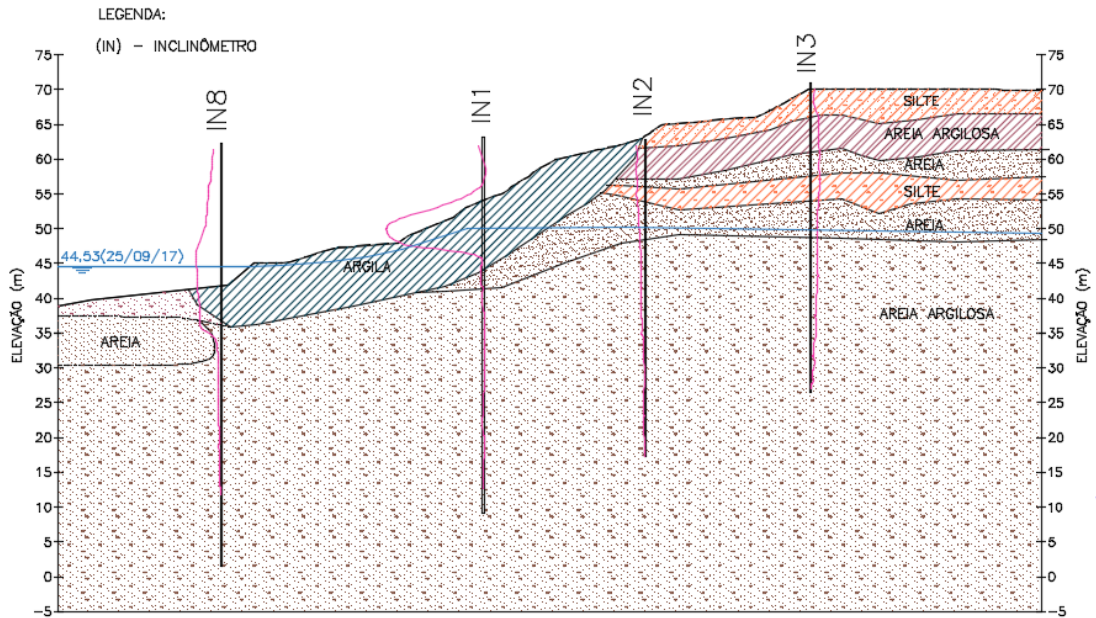


Figura 32. Deslocamentos acumulados indicados pelos inclinômetros até setembro de 2017 (exceto inclinômetro 8, referente a julho de 2017).

Na

Figura 33 está apresentado, juntamente com as leituras dos deslocamentos máximos indicados pelos inclinômetros até o mês de setembro de 2017, a região onde se observou a formação de trincas de tração no campo e a interpretação, a partir destes, da provável superfície de rotura. A superfície de rotura foi definida iniciando na região das trincas e passando pelos pontos de maiores de deslocamentos.

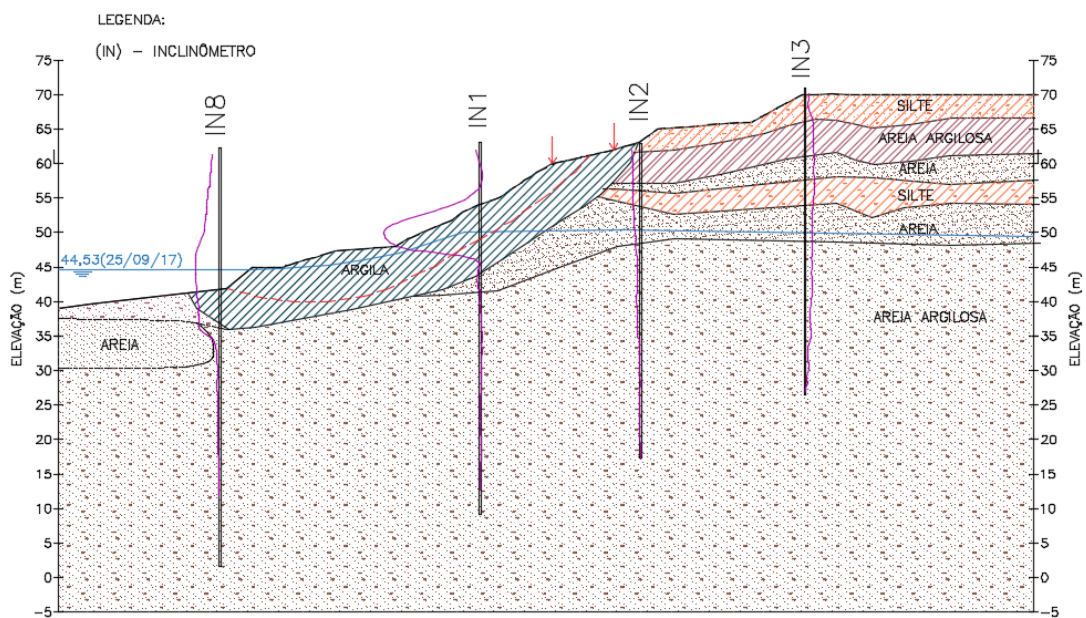


Figura 33. Deslocamentos acumulados indicados pelos inclinômetros até setembro de 2017, trincas de tração observadas em campo e provável superfície de rotura.

Os inclinômetros permitiram entender a geometria da movimentação ao passo que os medidores de nível d'água e piezômetros permitiram aferir os modelos de fluxo, subsidiando, desta forma, os estudos realizados conforme descrito nos itens em sequência.

4.2. Análises de percolação

As análises de percolação tiveram por finalidade reproduzir as condições de nível d'água e poropressões no talude devido às condições de fluxo. As análises foram realizadas por elementos finitos através do programa SEEP/W do pacote Geostudio 2012 na condição de fluxo transiente.

As análises foram realizadas para um ciclo de variação do nível d'água do rio Madeira, começando em 14 de dezembro de 2016, no período de subida do nível do rio, chegando ao nível máximo em 23 de março de 2017 e terminando em 25 de setembro de 2017, quando o nível d'água do rio atingiu a cota mais baixa, antes de voltar a subir.

4.2.1. Condições de Contorno

As análises tiveram por base duas condições de contorno principais: a variação do nível d'água do rio e o ponto de instrumentação mais elevado. Desta forma, a região de interesse, que está compreendida entre estes 2 pontos, foi modelada com condições de contorno bem conhecidas.

Na parte a jusante, com influência direta da variação do nível d'água do rio, foi aplicada a carga hidráulica em função das leituras da régua de medição de nível d'água existente nas proximidades da seção analisada. O gráfico da Figura 34 apresenta o nível d'água do rio em função do tempo, para o período de análise. Esta condição de contorno representa bem a influência da variação do nível d'água do rio no regime de fluxo do talude.

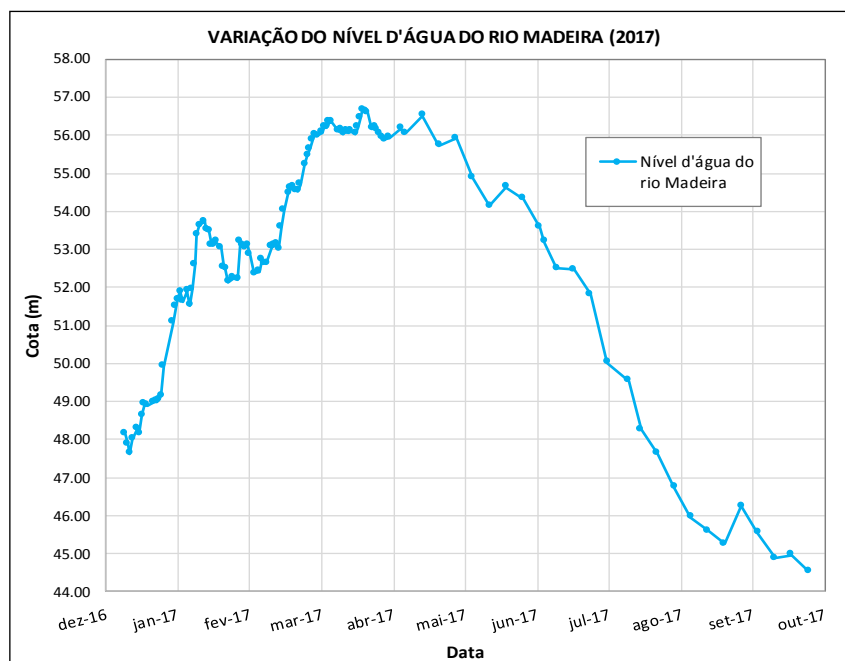


Figura 34. Variação do nível d'água do rio Madeira x Tempo.

Na parte a montante, foi aplicada a carga hidráulica lida no medidor de nível d'água 3 (NA 3). Esta condição de contorno representa o comportamento do lençol a montante do trecho analisado. O gráfico da Figura 35 apresenta a variação de nível do lençol freático junto ao medidor de nível d'água NA3 para o período de análise.

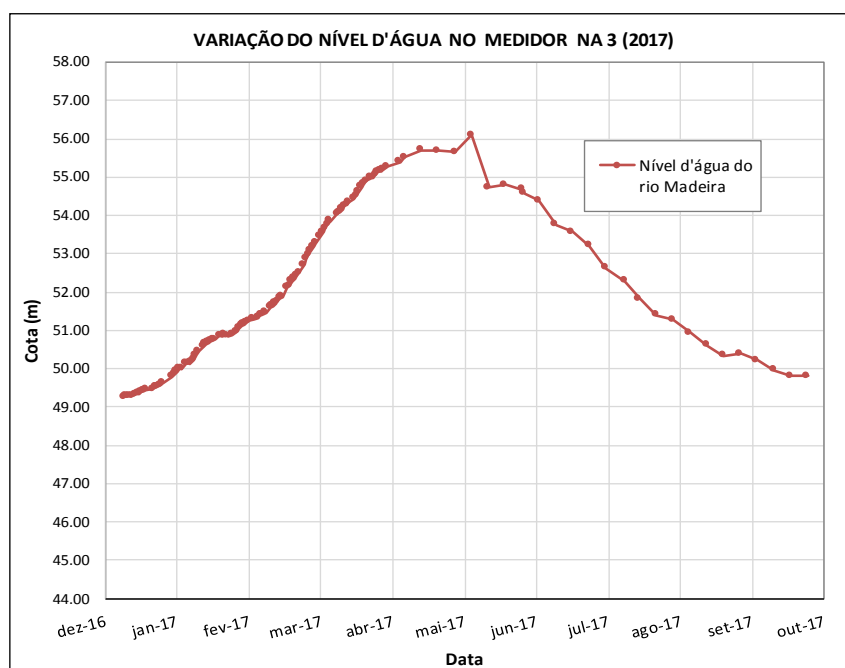


Figura 35. Variação do nível d'água no Medidor de nível d'água 3 (NA 3) x Tempo.

Uma possível influência de infiltração de água ou de evapotranspiração no intervalo entre a área de contato do talude com a água do rio e o medidor de nível d'água NA 3 foi desprezada pela pouca significância esperada para a mesma. A Figura 36 ilustra as condições de contorno aplicadas.

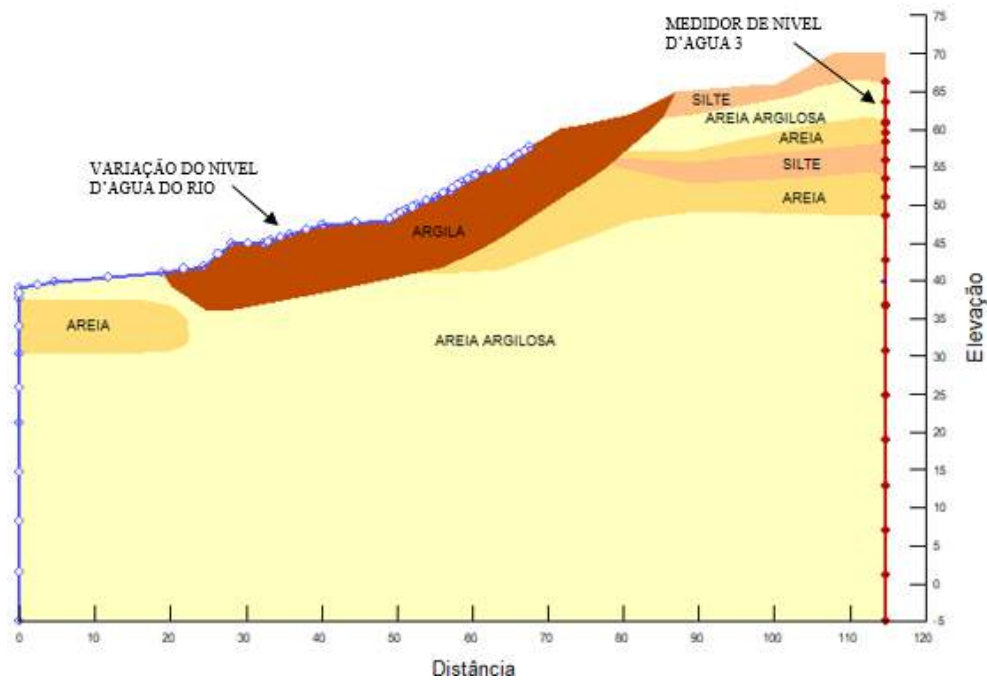


Figura 36. Condições de contorno aplicadas.

A Figura 37 exemplifica a malha de elementos finitos adotada nas análises.

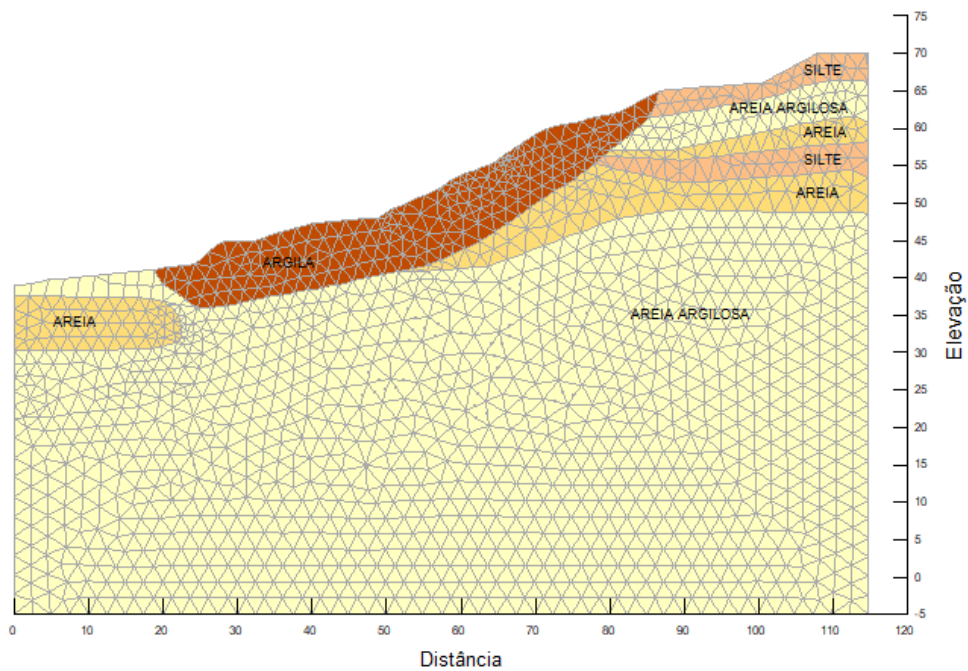


Figura 37. Malha de elementos finitos.

4.2.2. Condição inicial

Para a definição das poropressões na data de início das análises, simulou-se uma sequência contínua de 10 ciclos completos de variação do nível do rio (anuais), a partir de nível d'água máximo arbitrado com base nas leituras dos medidores de nível d'água, até se observar a convergência do comportamento.

Na simulação dos 10 ciclos completos de variação do nível d'água, foram adotados como condições de contorno a variação de nível d'água no rio e no local do medidor de nível d'água NA 3 a partir de curvas simplificadas que reproduzem comportamento equivalente ao observado na instrumentação de campo, conforme apresentado nos gráficos das Figuras 38 e 39. A consideração de ciclos regulares é adequada uma vez que, conforme discutido no item 3.1, o regime fluvial do rio Madeira apresenta períodos de cheia e vazante bem definidos, com um único pico de cheia e um único ponto de vazante durante o ciclo.

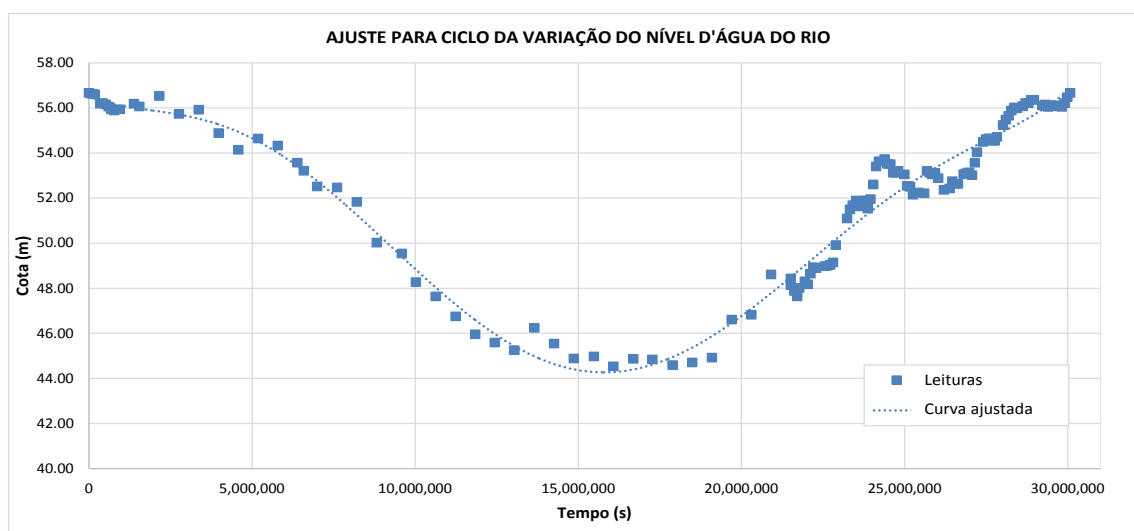


Figura 38. Ajuste para ciclo da variação do nível d'água do rio.

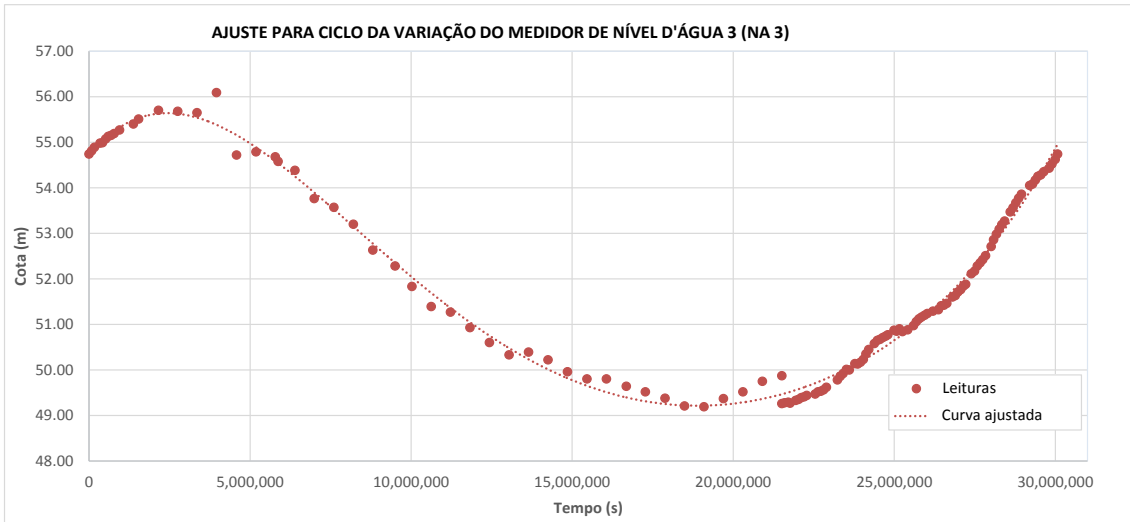


Figura 39. Ajuste para ciclo do medidor de nível d'água NA 3.

As variações do nível d'água simuladas nas análises são apresentadas nas Figuras 40 e 41.

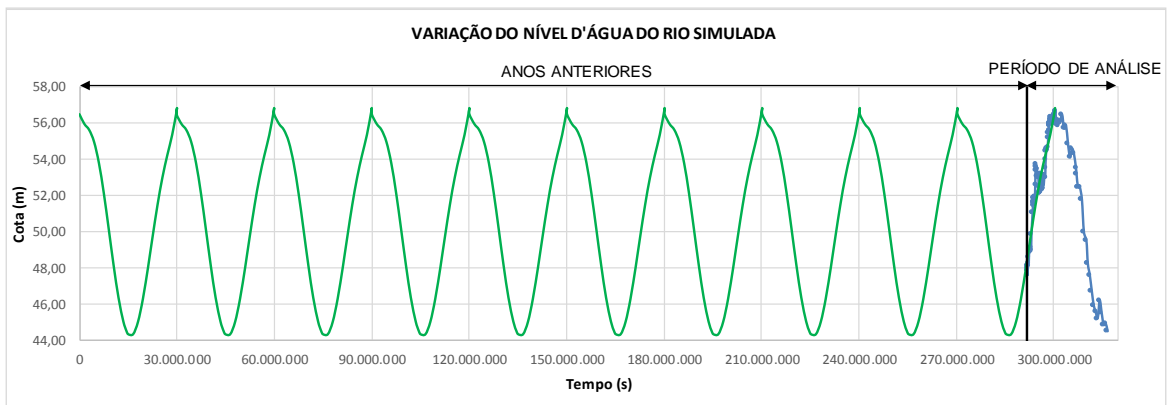


Figura 40. Variação do nível d'água do rio simulada nas análises de percolação.

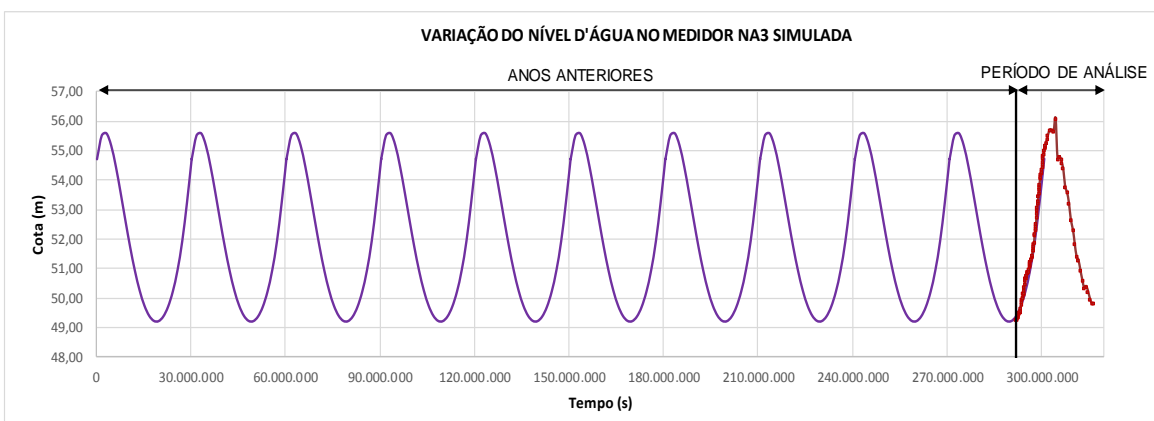


Figura 41. Variação do nível d'água no medidor de nível d'água NA 3 simulada nas análises de percolação.

Os gráficos das Figuras 42 a 48 apresentam os resultados das análises nos pontos onde estão instalados os piezômetros para verificar a convergência do comportamento ao longo dos ciclos. Assumiu-se que as leituras dos piezômetros indicam somente as poropressões devidas às condições de fluxo, não estando localizados em pontos que retratassem excessos de poropressão resultantes das alterações de carregamento nos taludes.

Para efeito de verificação de convergência do comportamento, foram incluídos também os resultados obtidos nos locais dos piezômetros PZ-3B e PZ-3C que estão acima no nível d'água, todavia, não foi possível a aferição dos resultados nestes pontos por limitações do instrumento em solos não saturados.

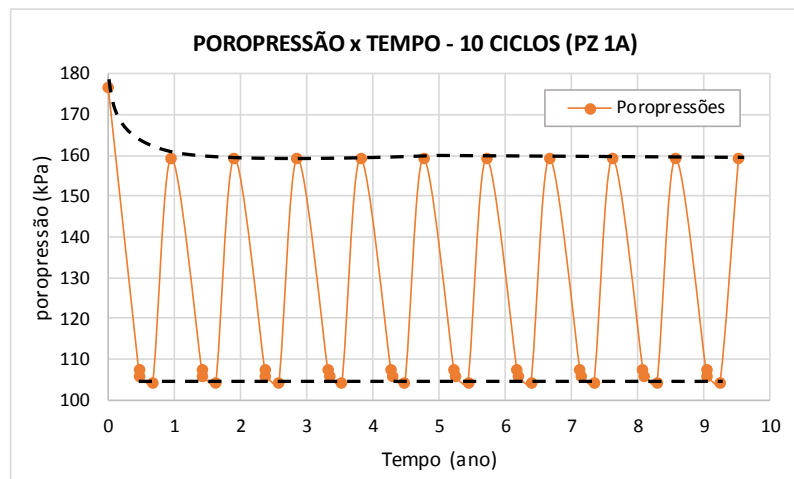


Figura 42- Poropressões obtidas nas análises de fluxo no ponto do piezômetro PZ-1A.

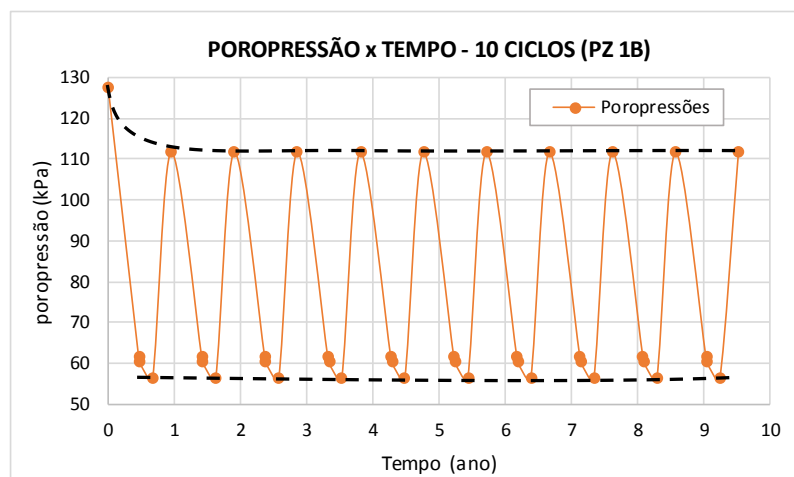


Figura 43- Poropressões obtidas nas análises de fluxo no ponto do piezômetro PZ-1B.

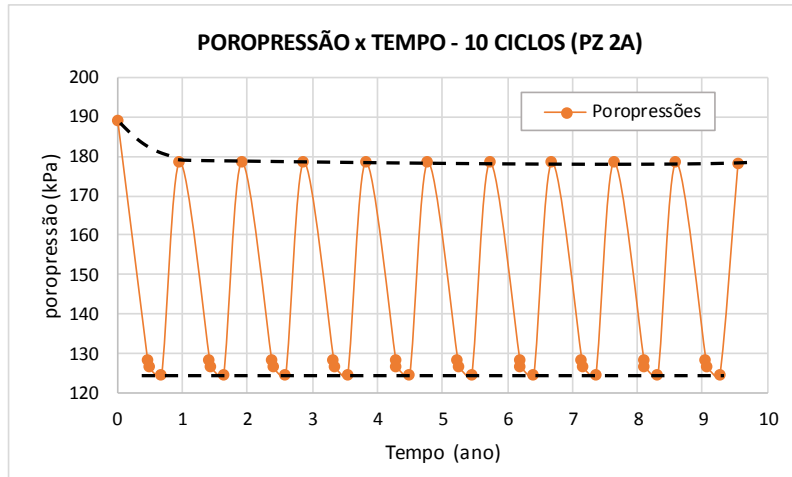


Figura 44- Poropressões obtidas nas análises de fluxo no ponto do piezômetro PZ-2A.

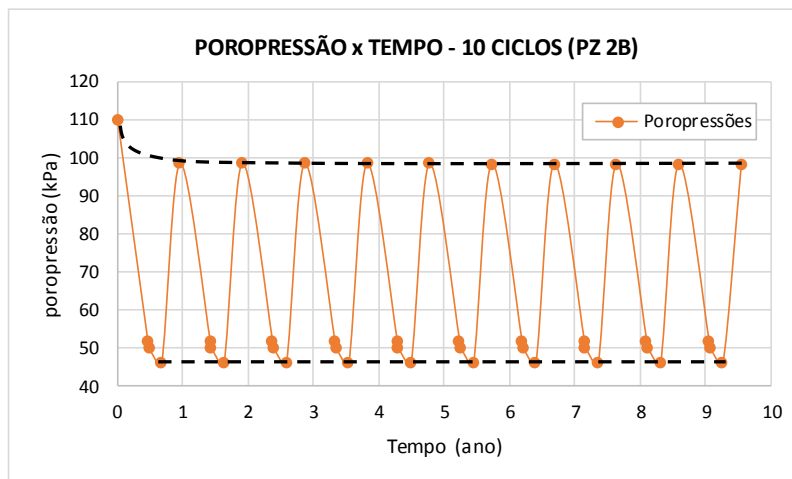


Figura 45- Poropressões obtidas nas análises de fluxo no ponto do piezômetro PZ-2B.

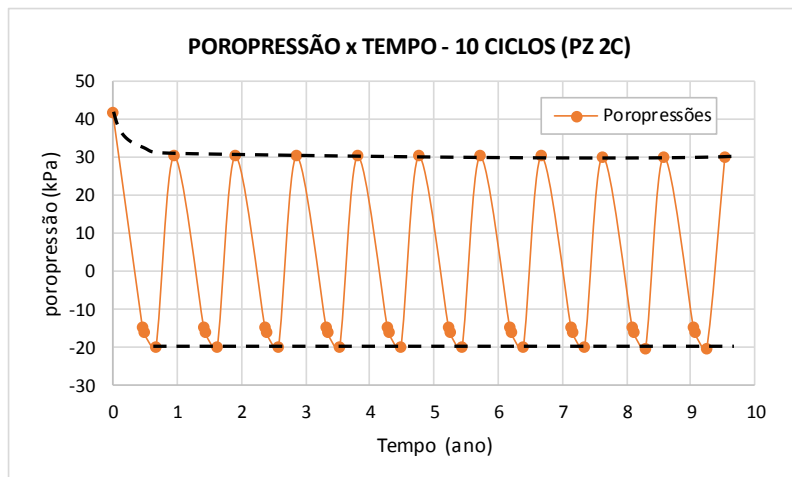


Figura 46- Poropressões obtidas nas análises de fluxo no ponto do piezômetro PZ-2C.

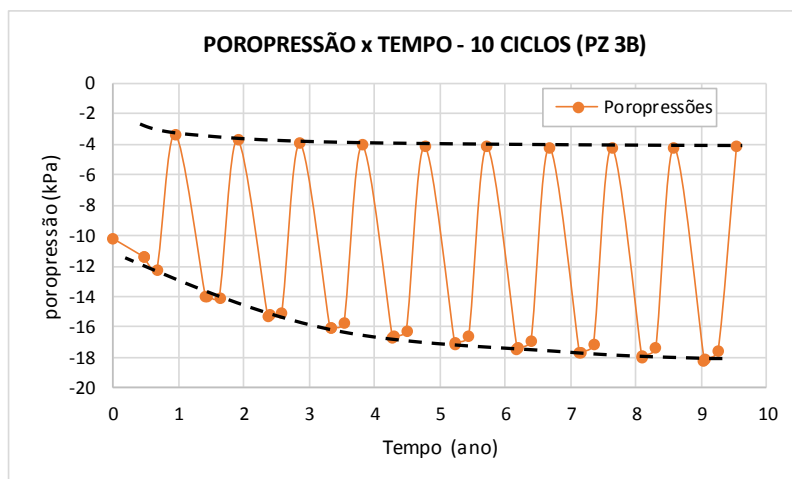


Figura 47- Poropressões obtidas nas análises de fluxo no ponto do piezômetro PZ-3B.

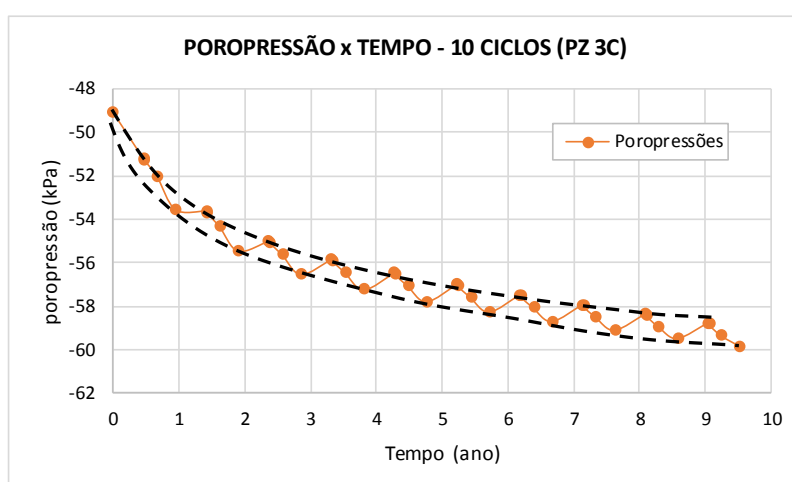


Figura 48- Poropressões obtidas nas análises de fluxo no ponto do piezômetro PZ-3C.

Observa-se, pelas linhas de tendências em tracejado nos gráficos, que nos locais saturados a variação tendeu a se estabilizar após 2 ciclos ao passo que para os locais não saturados a variação tendeu a se estabilizar ao final dos 10 ciclos.

As condições de poropressão após a simulação de 10 ciclos, na data de 14 dezembro de 2016, foram adotadas como condição inicial de análise para o período de estudo.

4.2.3. Definição das propriedades hidráulicas

O problema em questão envolve principalmente a parcela saturada do talude, de modo que o bom conhecimento das poropressões na região saturada é fundamental para o entendimento do comportamento do talude ao longo dos ciclos de cheias e vazantes do rio.

Para a permeabilidade das parcelas de solo não saturado adotou-se a curva de permeabilidade versus umidade volumétrica proposta por Van Genuchten (1980) a partir das curvas características de sucção típicas do banco de dados do programa SEEP/W, além do coeficiente de permeabilidade para o caso saturado. A Figura 49 apresenta as curvas características de sucção típicas constantes no banco de dados do programa SEEP/W.

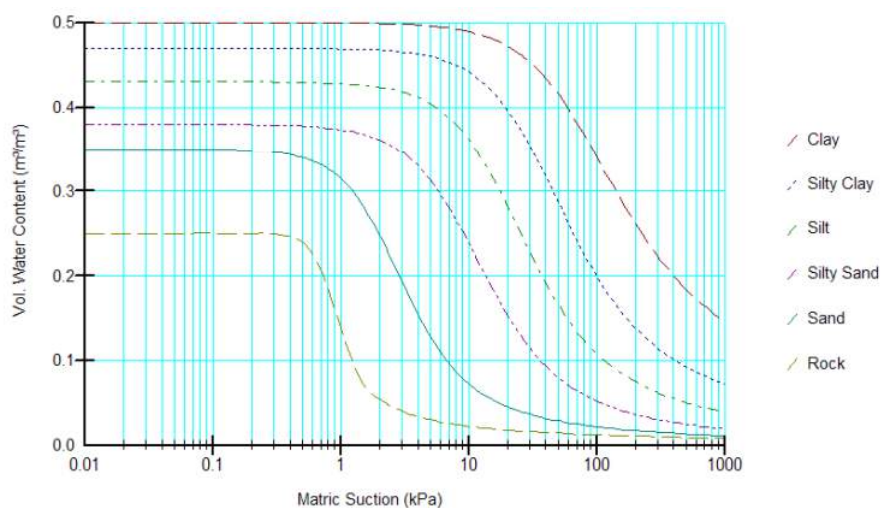


Figura 49- Curvas Características Típicas (SEEP, 2012).

Para a definição dos parâmetros de permeabilidade no solo saturado foram avaliados os resultados dos ensaios de adensamento oedométrico em conjunto com retroanálises realizadas a partir da instrumentação instalada nos taludes.

Foram avaliados os parâmetros dos quatro solos que caracterizam o perfil do subsolo em estudo, conforme descrito em sequência.

- Solo A – Denominado Argila (2 ensaios de adensamento que resultaram em k entre $7,5 \times 10^{-9}$ m/s e $9,7 \times 10^{-8}$).
- Solo B – Denominado Silte
- Solo C – Denominado Areia Argilosa (3 ensaios de adensamento que resultaram em k entre $4,0 \times 10^{-9}$ m/s e $2,2 \times 10^{-8}$).
- Solo D – Denominado Areia.

A partir dos resultados dos ensaios de laboratório para os solos A e C e de parâmetros típicos para os solos B (siltes) e D (areias) procedeu-se uma série de retroanálises onde foram simulados, através do SEEP/W, os ciclos descritos no item 4.2.2. Nas retroanálises, foram impostas como condições de contorno a variação do nível d'água do rio e as poropressões medidas no medidor de nível d'água 3 e se ajustou iterativamente os coeficientes de permeabilidade até o resultado das análises numéricas retornarem valores coerentes com os medidos nos piezômetros PZ-1 e PZ-2. A Figura 50 ilustra a localização dos piezômetros. Os gráficos das Figuras 51 a 55 comparam os resultados das leituras da instrumentação com os obtidos nas análises de percolação para os piezômetros PZ-1A, PZ-1B, PZ-2A, PZ-2B e PZ-2C, respectivamente.

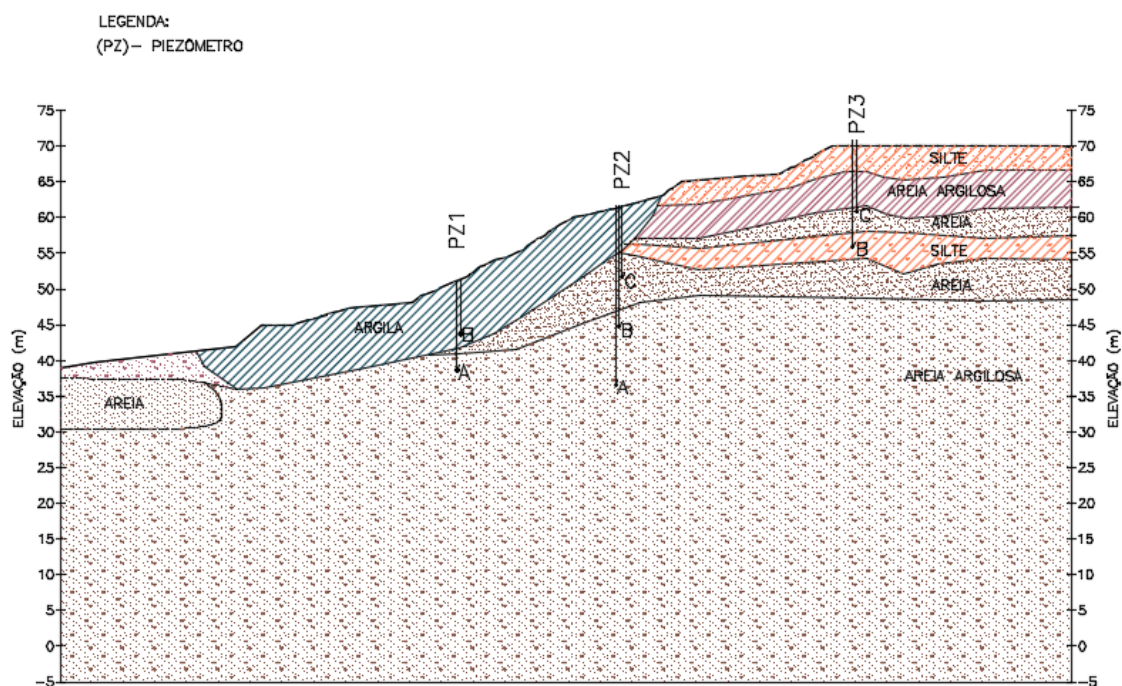


Figura 50- Localização dos piezômetros.

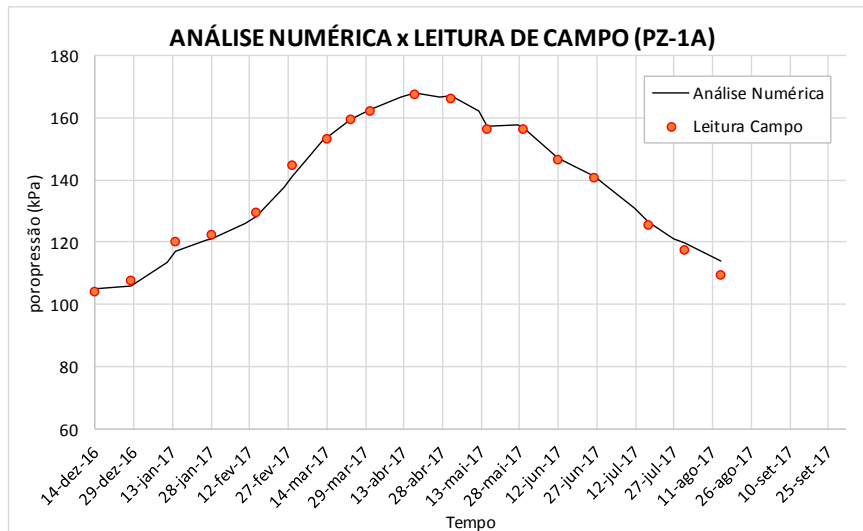


Figura 51- Comparação entre resultados das leituras da instrumentação (PZ-1A) x resultados obtidos nas análises de percolação.

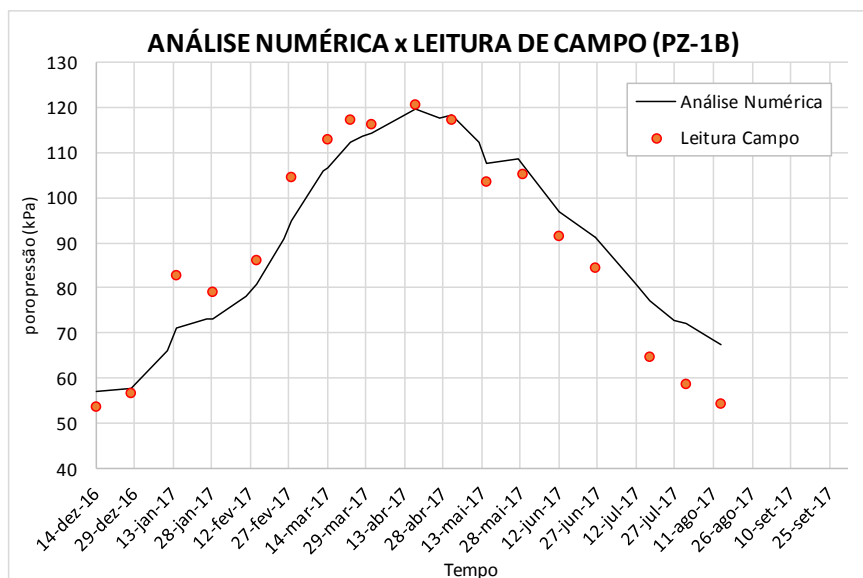


Figura 52- Comparação entre resultados das leituras da instrumentação (PZ-1B) x resultados obtidos nas análises de percolação.

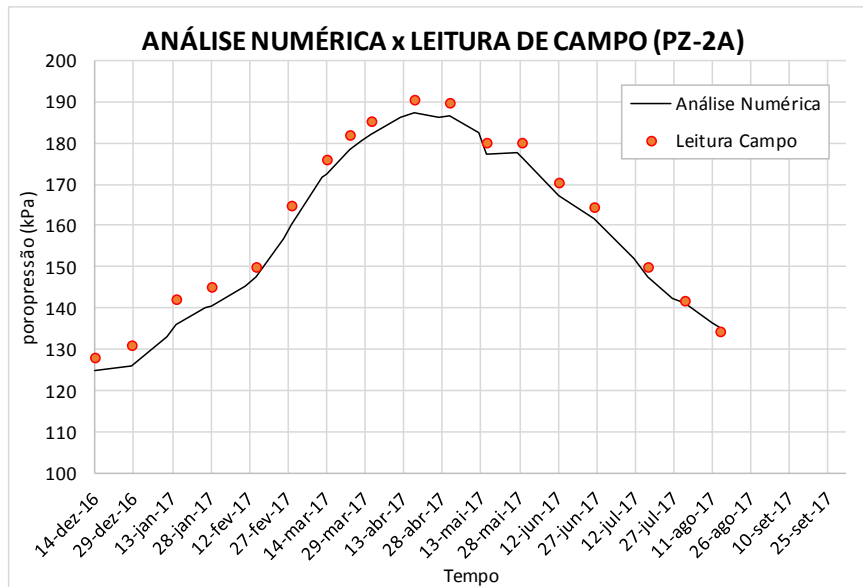


Figura 53- Comparação entre resultados das leituras da instrumentação (PZ-2A) x resultados obtidos nas análises de percolação.

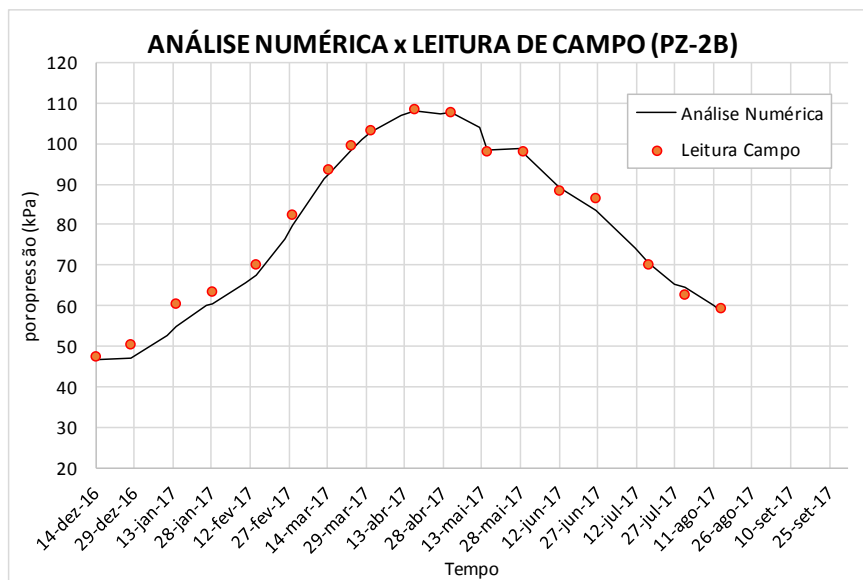


Figura 54- Comparação entre resultados das leituras da instrumentação (PZ-2B) x resultados obtidos nas análises de percolação.

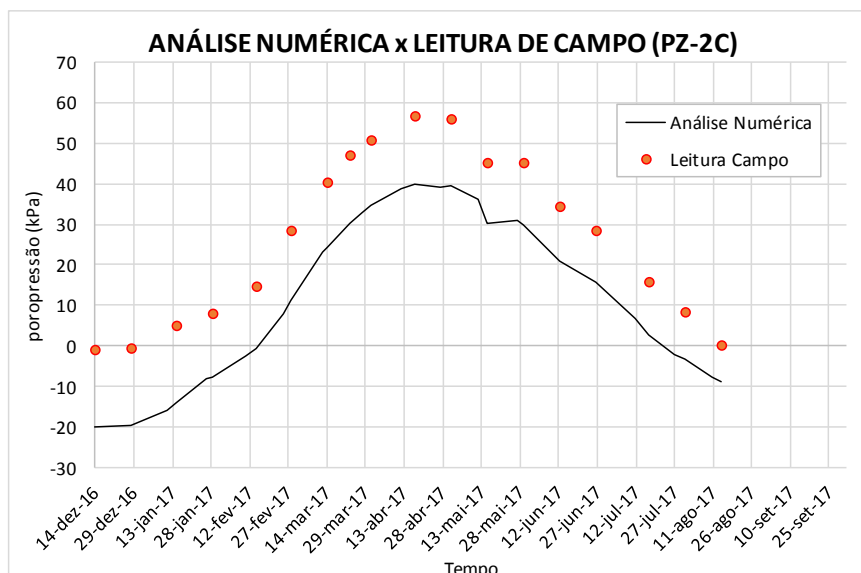


Figura 55- Comparação entre resultados das leituras da instrumentação (PZ-2C) x resultados obtidos nas análises de percolação.

A partir das análises efetuadas obtiveram-se os valores representativos de cada camada:

- Solo A – 7×10^{-9} m/s
- Solo B – 4×10^{-9} m/s
- Solo C – 4×10^{-9} m/s
- Solo D – 8×10^{-4} m/s

A Figura 56 apresenta os parâmetros representativos obtidos nas análises, juntamente com os resultados dos ensaios e os intervalos típicos para cada tipo de solo sugeridos por Pinto (2006). O comportamento observado na instrumentação, retroanalisado, resultou em valores de permeabilidade um pouco inferiores aos obtidos através dos ensaios. Uma possível razão para a diferença observada entre o comportamento de campo e os valores obtidos através dos ensaios é a imprecisão na determinação do coeficiente de adensamento em prensas servo-controladas, como as utilizadas na realização dos ensaios. Conforme discutido no item 3.4.2.2, este tipo de equipamento não consegue aplicar os incrementos de carga de forma instantânea no início de cada estágio de carregamento dos ensaios de adensamento. Esta limitação leva a

necessidade de correção nas leituras, o que leva a mais uma condição de imprecisão nos resultados.

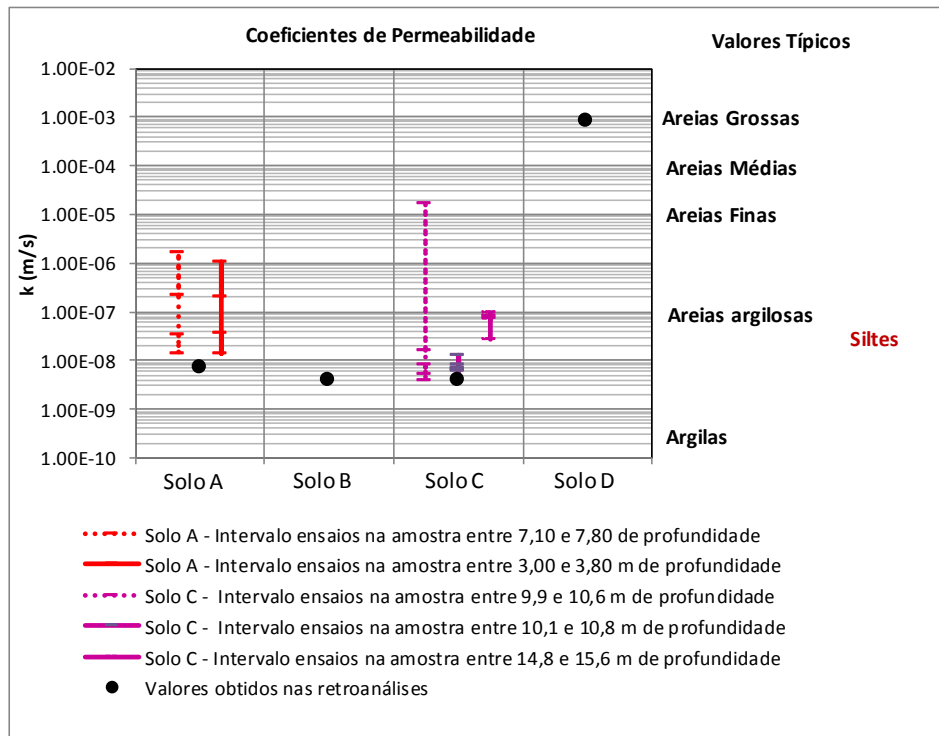


Figura 56- Intervalos típicos para cada tipo de solo (PINTO, 2006); Parâmetros obtidos pelos ensaios e valores adotados.

4.2.4. Resultados

A partir das análises de percolação realizadas foi possível obter o comportamento das poropressões no talude ao longo do período de análise para subsidiar as análises de estabilidade. As Figuras 57 a 62 ilustram as poropressões obtidas nas datas de 14/12/2016 (subida do nível d'água do rio; início da leitura dos instrumentos), 23/03/2017 (nível d'água do rio atinge a cota máxima), 17/04/2017 (descida do nível d'água do rio), 01/05/2017 (início das movimentações; nível d'água do rio descendo), 17/07/2017 (situação intermediária entre 01/05/2017 e 25/09/2017) e 25/09/2017 (nível d'água do rio na cota mais baixa), respectivamente.

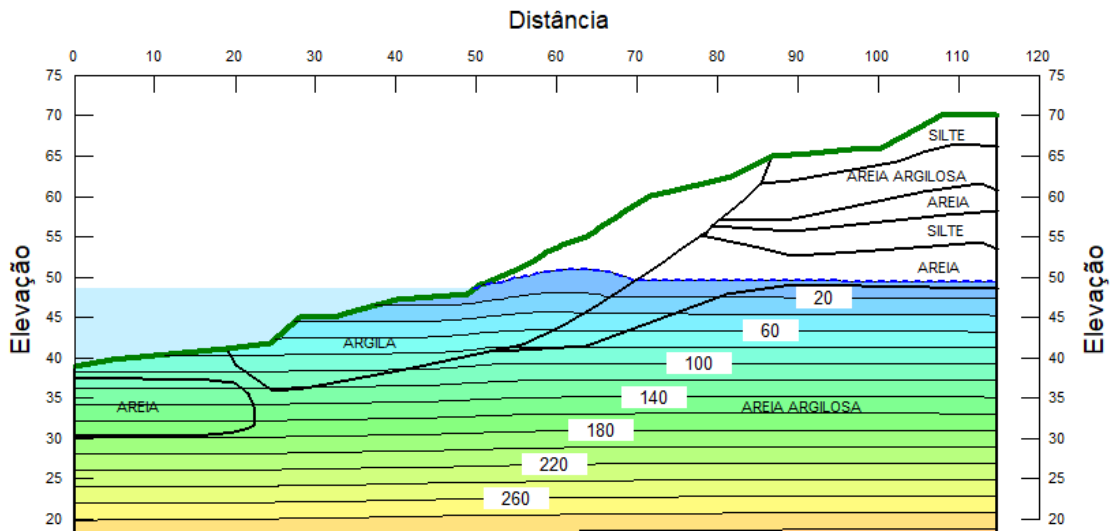


Figura 57- Poropressões obtidas nas análises de fluxo em 14/12/2016.

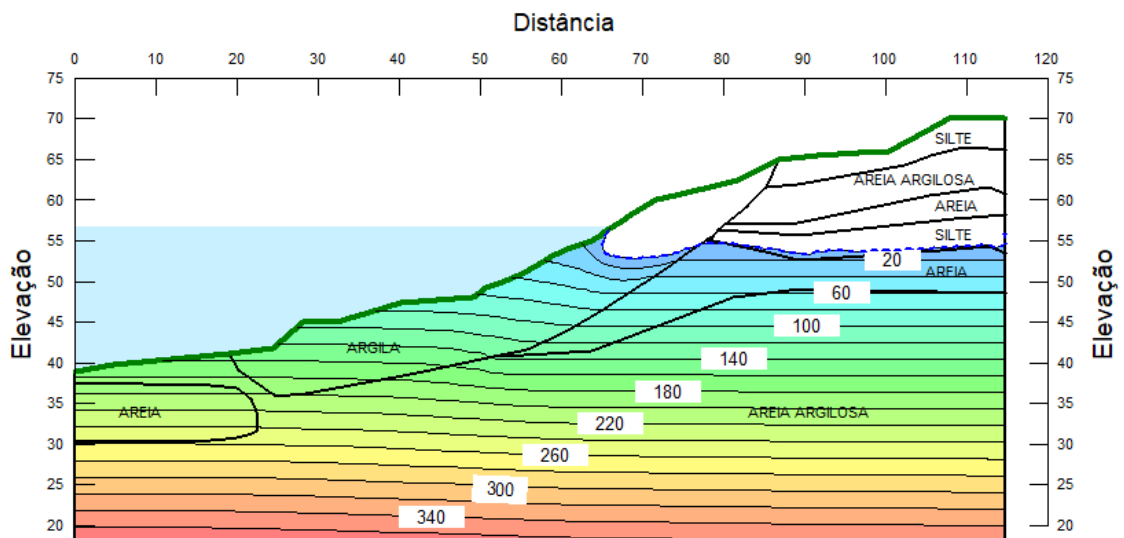


Figura 58- Poropressões obtidas nas análises de fluxo em 23/03/2017.

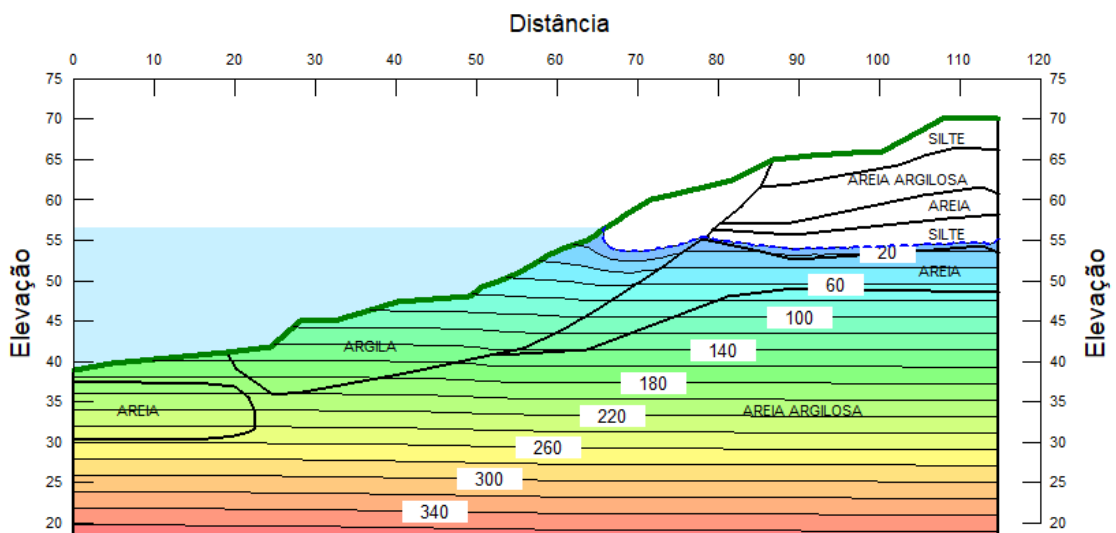


Figura 59- Poropressões obtidas nas análises de fluxo em 17/04/2017.

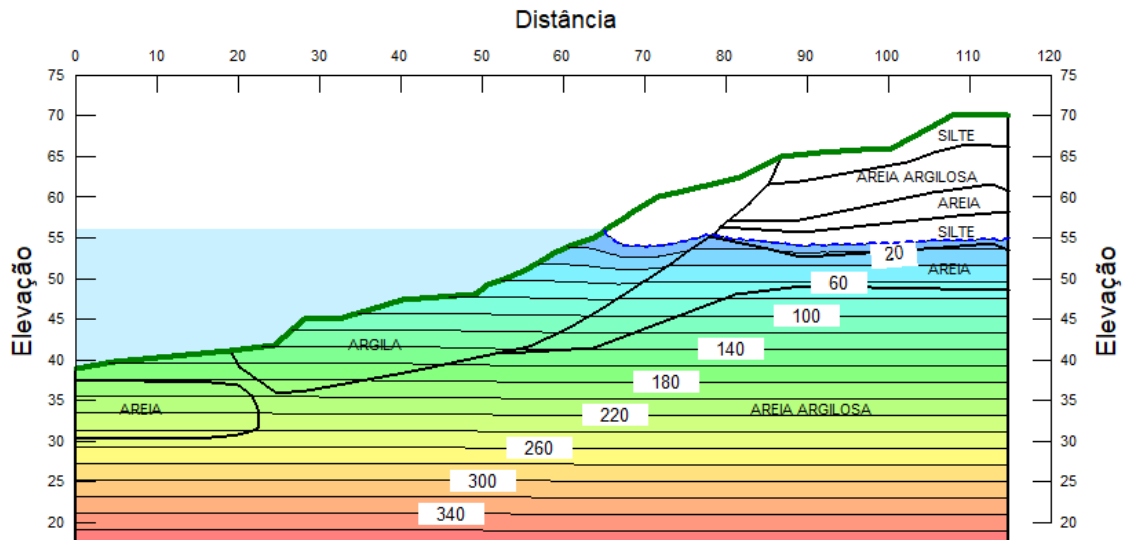


Figura 60- Poropressões obtidas nas análises de fluxo em 01/05/2017.

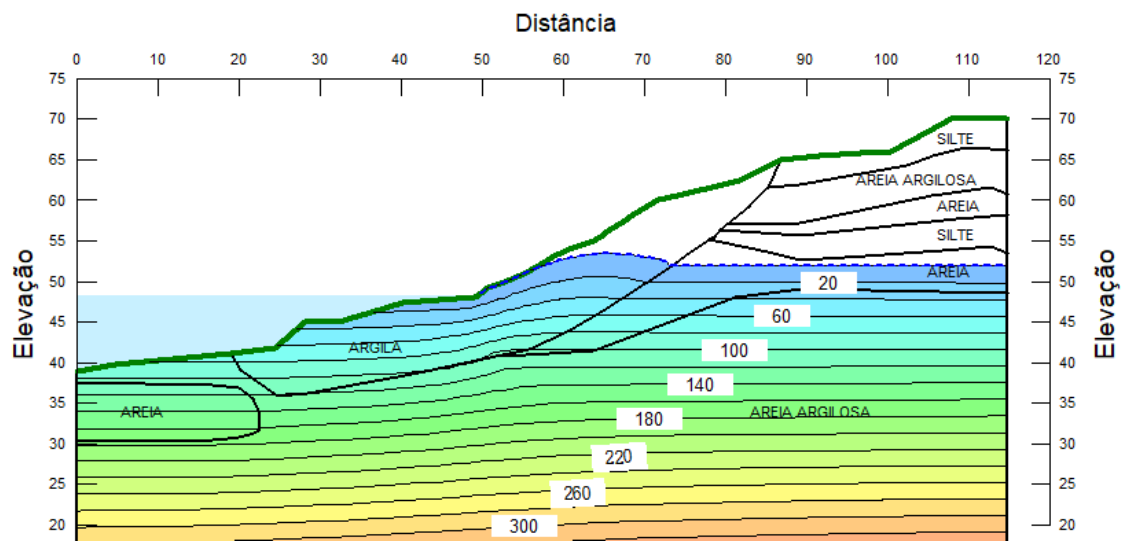


Figura 61- Poropressões obtidas nas análises de fluxo em 17/07/2017.

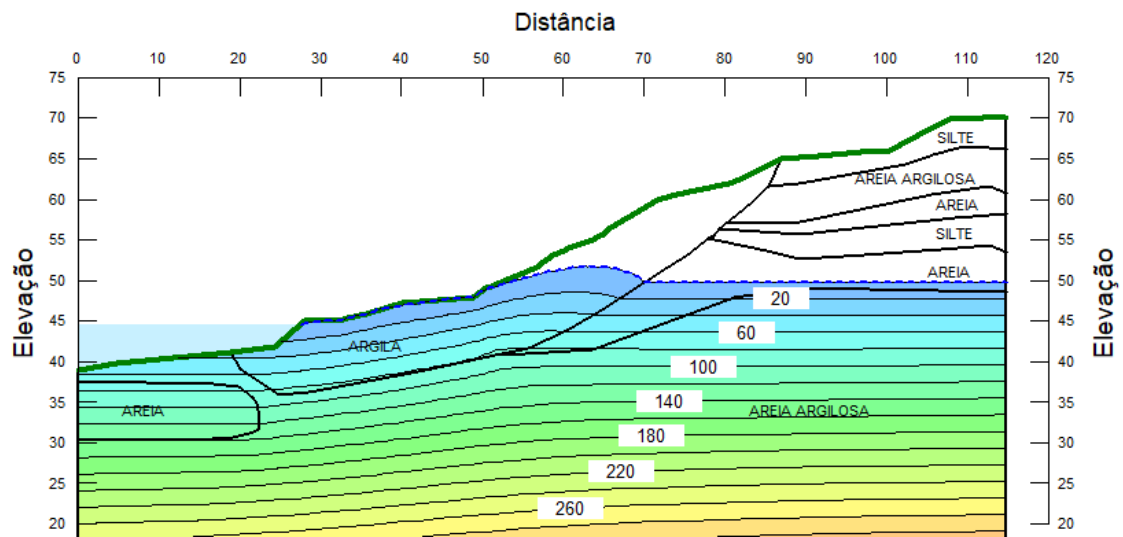


Figura 62- Poropressões obtidas nas análises de fluxo em 25/09/2017.

A partir das figuras 57 a 62 é possível observar o retardo na resposta das poropressões no interior do talude frente às variações do nível d'água do rio, em especial para a camada de Argila (Solo A). Constatou-se que:

- Em 14/12/2016 o nível d'água do rio está em processo de subida antes das poropressões da cheia anterior terem equilibrado no nível mais baixo do rio. Observa-se o nível d'água na camada de argila em cotas superiores à do nível d'água do rio.
- Em 23/03/2016 o nível d'água do rio atinge a sua cota máxima, ao passo que o nível d'água no interior do talude ainda está em processo de ascensão (aumento das poropressões).
- Em 17/04/2017 e em 01/05/2017 (data de início das movimentações) o nível d'água do rio decresce, mas ainda está superior ao nível d'água no interior do talude.
- Entre 01/05/2017 e 17/07/2017 o nível d'água interno e externo do talude passam por certo equilíbrio, sendo que em 17/07/2017 o nível d'água do rio já está abaixo do nível d'água no interior do talude.
- Em 25/09/2017 a diferença entre o nível d'água do rio (cota mínima) e o nível d'água no interior do talude fica mais expressiva, representando uma condição, em termos de rebaixamento rápido, crítica para o talude.

Como explicado no item 2.3.2.1, este retardo na resposta das poropressões é fruto do contraste entre a velocidade de variação do nível d'água do rio e a capacidade de drenagem do solo.

4.3. Análises de estabilidade

4.3.1. Considerações

Neste item é apresentado o estudo do comportamento do talude a partir de análises de estabilidade. Foram empreendidas análises de Equilíbrio Limite pelo método de Morgenstern-Price para diferentes situações de nível d'água do rio Madeira. As

análises foram realizadas com auxílio do programa SLOPE/W do pacote Geostudio 2012. No modelo, foram consideradas as poropressões obtidas nas análises de percolação (fluxo transiente) apresentadas no item 4.2.

Assumiu-se que, a partir do início das movimentações medidas nos inclinômetros, existiram potenciais superfícies de rotura com Fator de Segurança próximo à unidade, que justifica tais movimentações. Conforme apresentado no item 4.1, as movimentações do talude ocorreram essencialmente na camada de argila. Posto isto, as discussões apresentadas em sequência envolvem principalmente esta camada.

Para a camada de argila foram considerados os parâmetros de resistência obtidos nos ensaios triaxiais CIU com medida de poropressão, $c' = 10$ kPa e $\phi' = 31^\circ$ e parâmetros obtidos de retroanálises, denominados c e ϕ^* .

Nas retroanálises, além de buscar fatores de segurança próximos à unidade, procurou-se se validar a geometria das superfícies críticas a partir das observações de campo, a saber:

- Superfície crítica coincidente com as profundidades de maiores deslocamentos dos inclinômetros;
- Início das superfícies coincidente com a região do talude em que se observou a formação de trincas de tração.

Os parâmetros das demais camadas foram definidos com base nos ensaios triaxiais CIU realizados e em bibliografias, conforme apresentados na Tabela 16. Estes parâmetros são de relevância secundária, uma vez que as superfícies críticas observadas para as diferentes condições de carregamentos envolvem essencialmente a camada de argila, coerente com a instrumentação de campo.

Tabela 16. Parâmetros de resistência considerados nas análises de estabilidade.

SOLO	c' (kPa)	ϕ' ($^\circ$)
SILTE	25	20
AREIA ARGILOSA	25	20
AREIA	0	42

As análises de estabilidade estão divididas em três subitens. No subitem 4.3.1.1 estão apresentadas análises de estabilidade e discussões para a data de início das movimentações (01/05/2017). No subitem 4.3.1.2 estão apresentadas análises e discussões para o período de nível d'água do rio em sua cota mínima, em 25/09/2017. Por fim, no subitem 4.3.1.3 estão apresentadas análises de estabilidade e discussões ao longo do período de análise, em intervalos de 15 dias.

4.3.1.1. Início das Movimentações significativas do talude (01/05/2017)

Conforme apresentado no item 4.1, as leituras dos inclinômetros indicaram que o início de movimentações perceptíveis no talude ocorreu em 01/05/2017, data em que os deslocamentos medidos ultrapassaram 6 mm (precisão do equipamento).

Considerando os parâmetros da camada de argila obtidos nos ensaios triaxiais, a saber, intercepto coesivo (c') igual a 10 kPa e ângulo de atrito interno (ϕ') igual a 31°, realizou-se uma análise de estabilidade nesta data em termos de tensões efetivas. A Figura 63 apresenta o resultado da análise em questão.

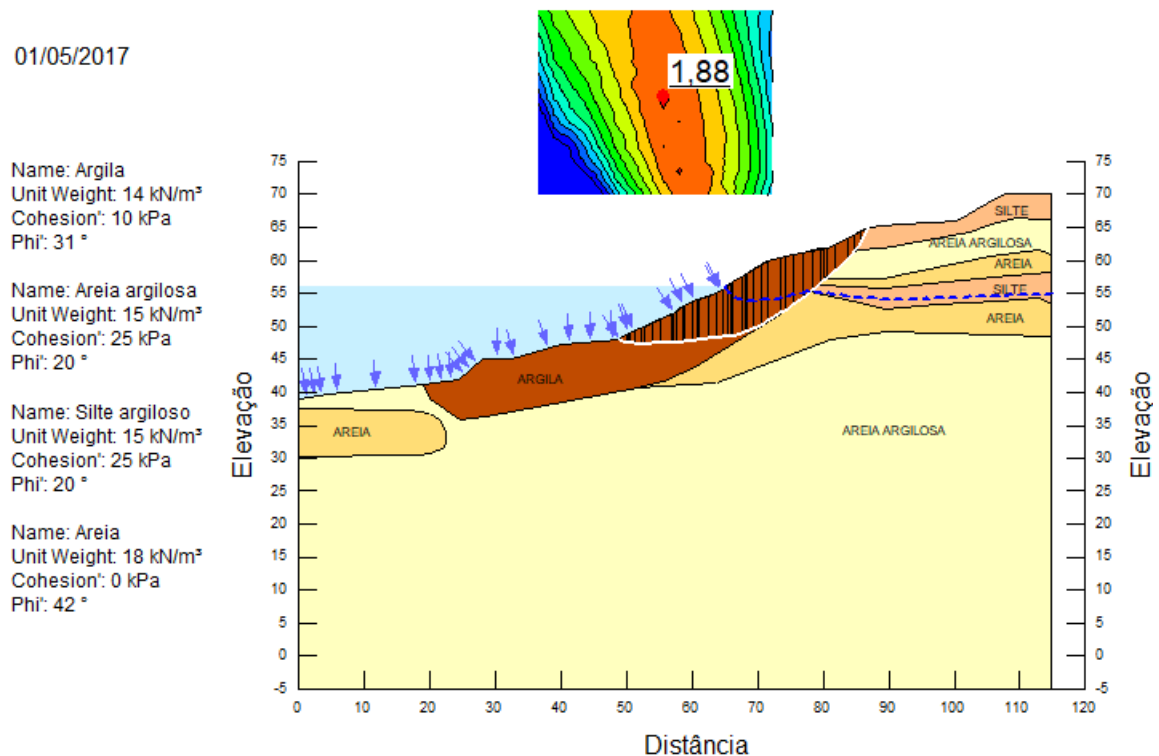


Figura 63- Análise de estabilidade 01/05/2017 – Parâmetros da camada de argila: $c'=10$ kPa e $\phi'=31^\circ$.

Como pode ser visto, a análise resultou em um Fator de Segurança igual a 1,88. Para valores de Fator de Segurança desta ordem de grandeza não seriam esperados deslocamentos significativos no talude, o que indica que o modelo não representou adequadamente o comportamento do mesmo. Para as características da camada em análise, que é de matriz argilosa, isto pode se dar em função dos deslocamentos gerados pela alteração no equilíbrio de forças durante o rebaixamento do rio não terem sido suficientemente lentos a ponto de as variações de poropressões devidas a estas alterações não poderem ser desprezadas, resultando, por conseguinte, em uma redução da resistência ao cisalhamento não considerada nas análises.

Realizou-se, então, uma série de análises de sensibilidade para verificar quais pares de parâmetros de resistência c e ϕ^* poderiam ser imputados para representar melhor as condições do estudo. Foram adotados valores para c de 2,5; 5,0; 7,5; 10; 12,5; 15,0; e 17,5 kPa e, para cada valor de c foi ajustado iterativamente o valor de ϕ^* até obter um fator de segurança próximo à unidade. O gráfico da Figura 64 apresenta os valores obtidos e a Figura 65 suas correspondentes superfícies de rotura críticas.

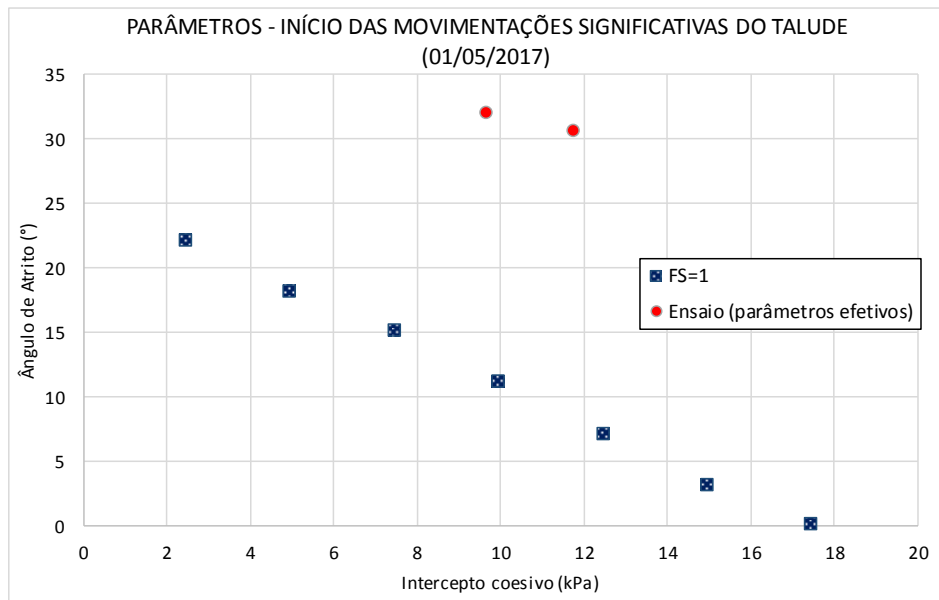


Figura 64- Parâmetros na situação de início das movimentações significativas do talude (01/05/2017).

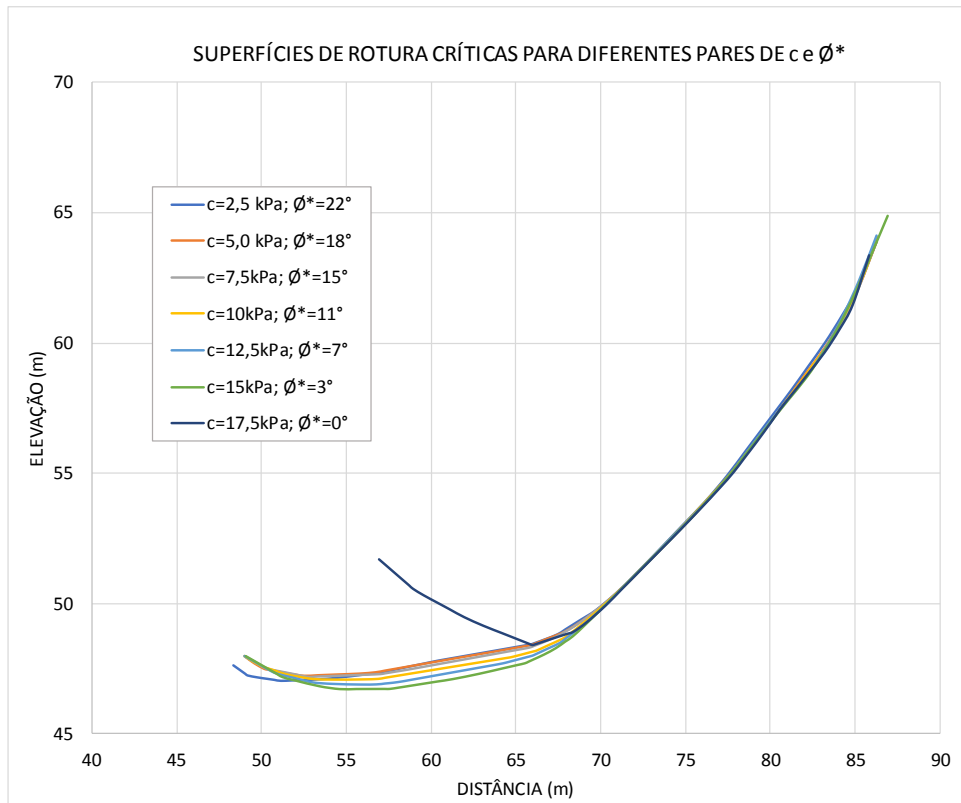


Figura 65- Superfícies de ruptura críticas (01/05/2017).

A geometria de cada uma das superfícies críticas apresentadas na Figura 65 foi discretizada em coordenadas x e y . A partir da média dessas coordenadas foi possível definir uma superfície intermediária. Tendo a superfície de par de parâmetros $c = 17$ kPa e $\phi^* = 0^\circ$ se apresentado bastante diferente das demais, esta foi desprezada no cálculo da média. A Figura 66 apresenta a geometria da superfície intermediária na data da análise (01/05/2017).

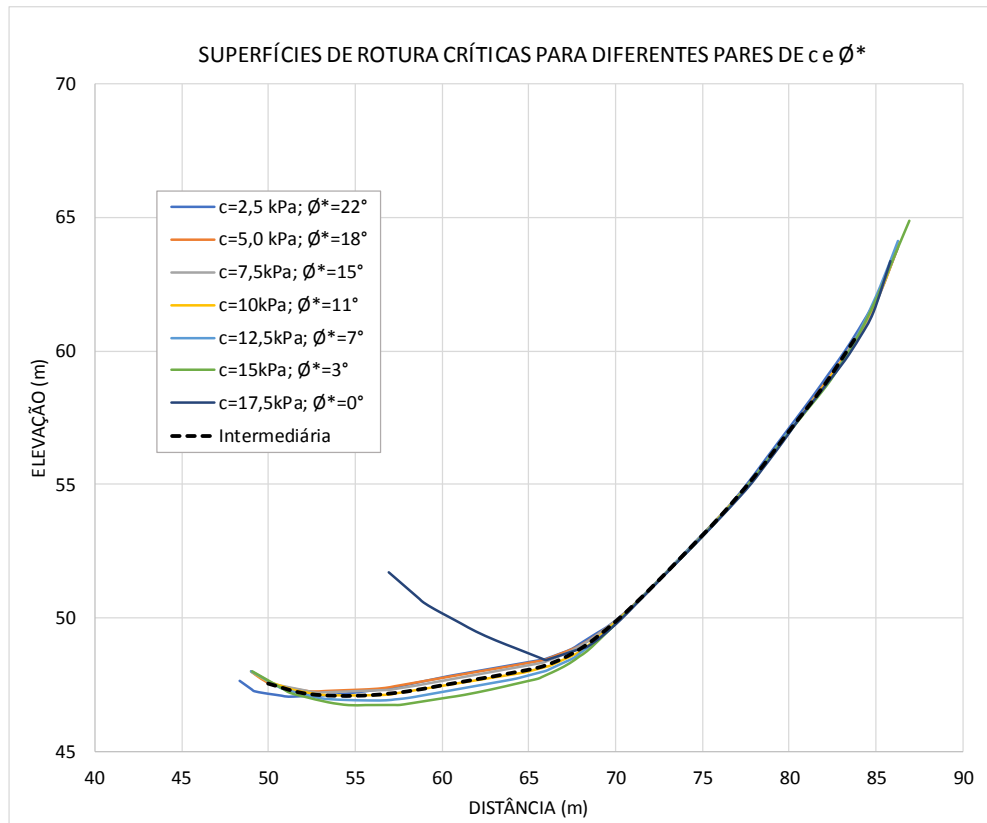


Figura 66- Geometria da superfície intermediária (01/05/2017).

Considerando a superfície intermediária, foram realizadas novamente análises de estabilidade para cada par de parâmetros c e ϕ^* . Os gráficos das Figuras 67 e 68 apresentam, respectivamente, os Fatores de Segurança obtidos nas análises para cada par de parâmetros para a superfície intermediária definida e as resultantes das tensões cisalhantes mobilizadas e das resistências ao cisalhamento para cada análise.

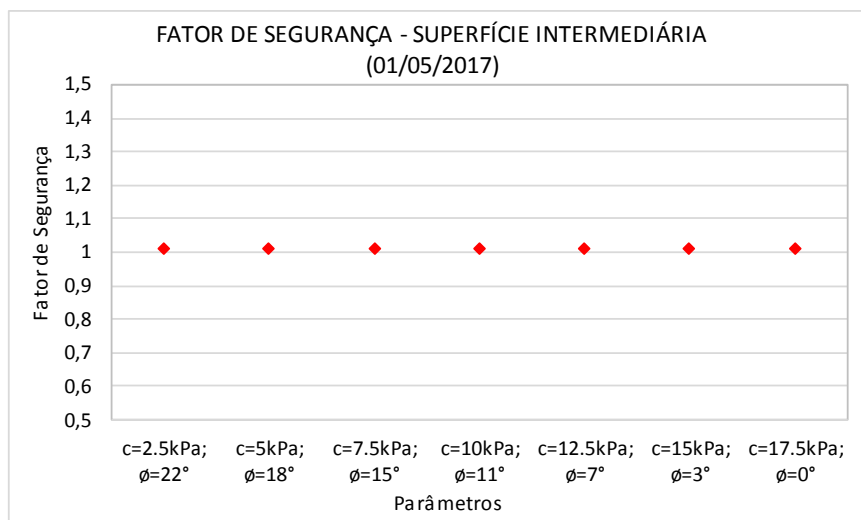


Figura 67- Fatores de Segurança obtidos em análises para cada par de parâmetros para a superfície intermediária definida (01/05/2017).

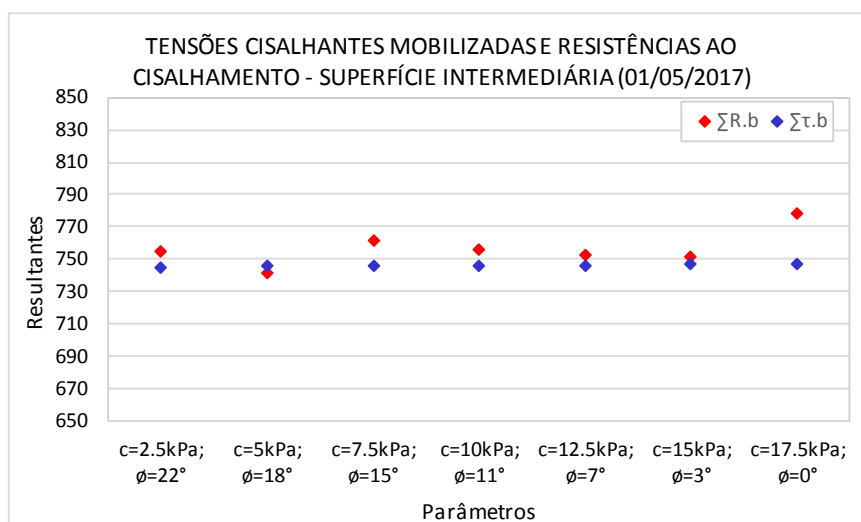


Figura 68- Resultantes das tensões cisalhantes mobilizadas e das resistências ao cisalhamento para cada análise (01/05/2017).

Como pode ser visto nas Figuras 67 e 68, para todos os sete pares de parâmetros obtidos nas análises, não são observadas diferenças significativas nas tensões cisalhantes e resistências ao cisalhamento mobilizadas na superfície intermediária. Posto isto, a superfície intermediária obtida representa bem a situação em análise independentemente do par de parâmetros adotado.

Uma vez que não se observou uma ruptura com separação total da massa de solo, não se pode afirmar que o Fator de Segurança chegou à unidade na data em análise, de modo que as resistências disponíveis podem ser um pouco maiores do que as indicadas. Contudo, o estudo permite observar que as resistências disponíveis são significativamente menores do que as que seriam obtidas com os parâmetros de resistência do ensaio triaxial CIU em condições drenadas. A partir das resistências ao cisalhamento na base de cada fatia e das poropressões obtidas nas análises numéricas de percolação, procurou-se avaliar a ordem de grandeza dos excessos de poropressão que justificam esta diferença de resistência. Tomando a resistência ao cisalhamento como:

$$\tau = c' + (\sigma_N - u_t) \cdot \text{tg}(\phi') \quad (16)$$

Onde:

σ_N : tensão normal total na base da fatia, obtida da análise de Equilíbrio Limite;

u_t : poropressão total atuante na base da fatia, dada como $u_t = u_0 + \Delta u$;

u_0 : poropressão obtida a partir das análises de fluxo;

Δu : excesso de poropressão gerado na data em análise.

O comportamento esperado para Δu pode ser dado por:

$$\Delta u = \sigma_N + \frac{c' - \tau}{\text{tg}(\phi')} - u_0 \quad (17)$$

O gráfico da Figura 69 apresenta os valores de Δu , calculados pela equação acima, na base das fatias, considerando os seguintes valores:

c' igual a 10 kPa (do ensaio triaxial CIU);

ϕ' igual a 31° (do ensaio triaxial CIU);

σ_N obtido na análise de Equilíbrio Limite para a superfície intermediária com $c = 10$ kPa e $\phi^* = 11^\circ$;

τ obtido na análise de Equilíbrio Limite para a superfície intermediária com $c = 10$ kPa e $\phi^* = 11^\circ$;

u_0 obtido através da análise fluxo.

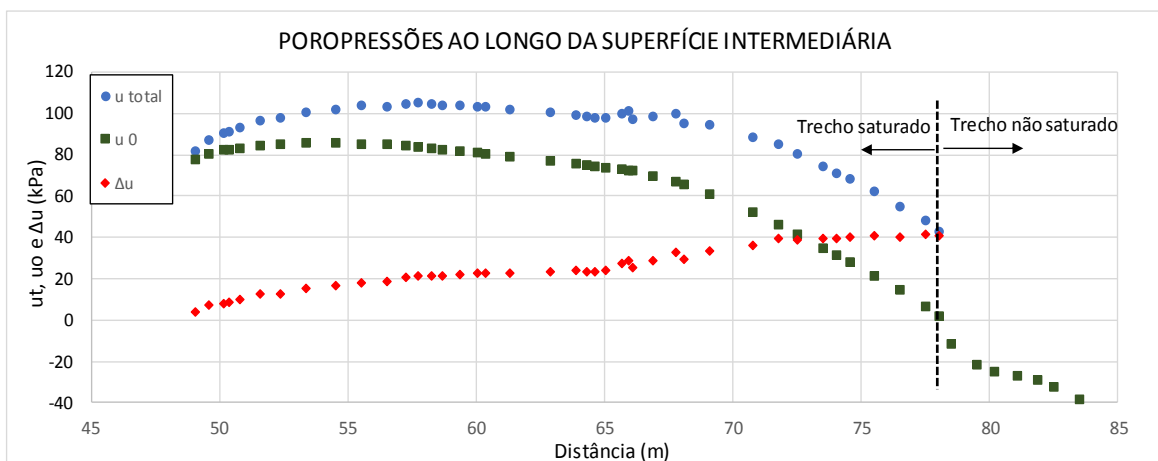


Figura 69- Poropressões u_0 , u_t e Δu ao longo da superfície intermediária (01/05/2017)

Na retroanálise considerando a coesão do solo igual a 10 kPa, a variação do ângulo de atrito de 31° para 11° pode ser explicada por um valor médio de $\Delta u = 25$ kPa. No caso, como pode ser visto na Figura 70, obtém-se a mesma resistência para o solo considerando $c=10$ kPa, $\phi^*=11^\circ$ e $\Delta u=0$ ou $c'=10$ kPa, $\phi'=31^\circ$ e $\Delta u=25$ kPa.

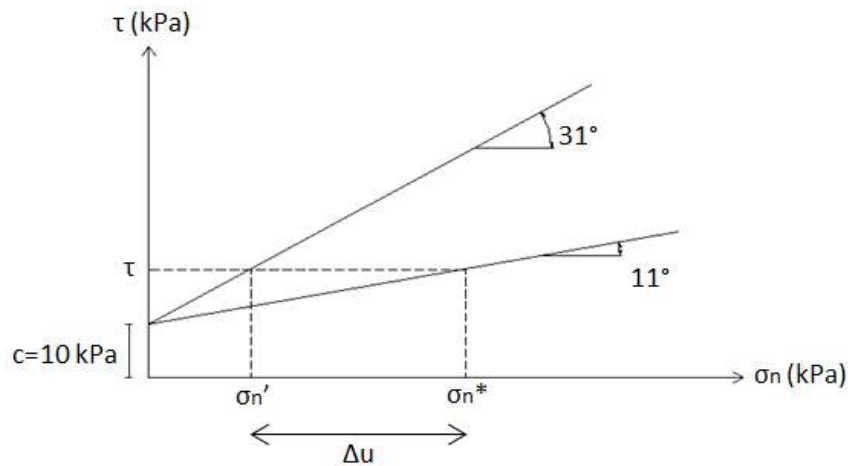


Figura 70- Resistência do solo para $c=10$ kPa, $\phi^*=11^\circ$, $\Delta u=0$; $c'=10$ kPa, $\phi'=31^\circ$, $\Delta u=25$ kPa.

O valor de $\Delta u=25$ kPa pode ser tomado como um limite superior para a média, uma vez que caso o fator de segurança real seja um pouco acima da unidade, a mesma sequência de cálculo resultaria em valores de Δu menores.

4.3.1.2. Nível d'água do rio na cota mínima (25/09/2017)

Em 25/09/2017 o nível d'água do rio Madeira chegou a sua cota mínima. Nesta data as leituras dos inclinômetros indicaram movimentações expressivas no talude de modo a ser possível observar formação de trincas de tração.

A Figura 71 apresenta o resultado da análise de estabilidade nesta data em termos de tensões efetivas, considerando os parâmetros da camada de argila obtidos nos ensaios triaxiais ($c' = 10$ kPa e $\phi' = 31^\circ$).

25/09/2017

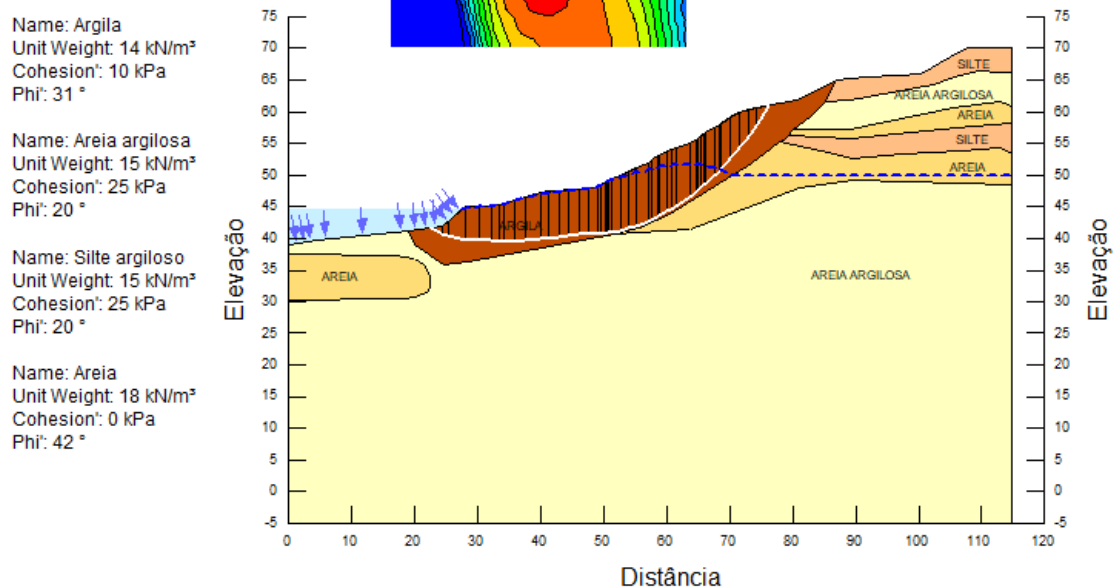


Figura 71- Análise de estabilidade 25/09/2017 – Parâmetros da camada de argila: $c'=10$ kPa e $\phi'=31^\circ$.

A análise resultou em um Fator de Segurança igual a 1,40. Para valores de Fator de Segurança desta ordem de grandeza também não seriam esperados deslocamentos significativos no talude, o que indica que o modelo não representou adequadamente o comportamento do mesmo. Nas condições em cena, em que os inclinômetros indicaram deslocamentos máximos de 8,5cm, além de terem sido observadas trincas de tração na superfície do talude, tem-se o fator de segurança marginalmente acima da unidade.

De forma análoga à data de início das movimentações, 01/05/2017, foram realizadas para as condições de 25/09/2017 análises de sensibilidade para verificar quais pares de parâmetros de resistência c e ϕ^* poderiam ser imputados para representar melhor as condições do estudo. Nas análises foram adotados os valores para c de 2,5; 5,0; 7,5; 10; 12,5; 15,0; e 17,5 kPa e, para cada valor de c foi ajustado iterativamente o valor de ϕ^* até obter um fator de segurança próximo à unidade. O gráfico da Figura 72 apresenta os valores obtidos.

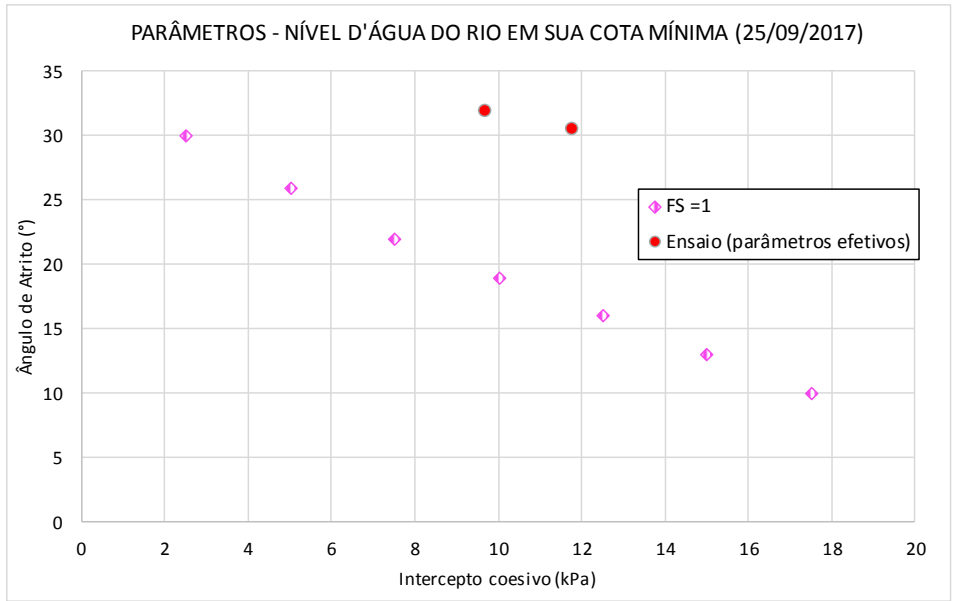


Figura 72- Parâmetros na situação de nível d'água do rio em sua cota mais baixa (25/09/2017).

Na Figura 73 são comparados os parâmetros obtidos para obter fator de segurança próximo à unidade nas situações de início das movimentações significativas do talude (01/05/2017) e de nível d'água do rio em sua cota mais baixa (25/09/2017).

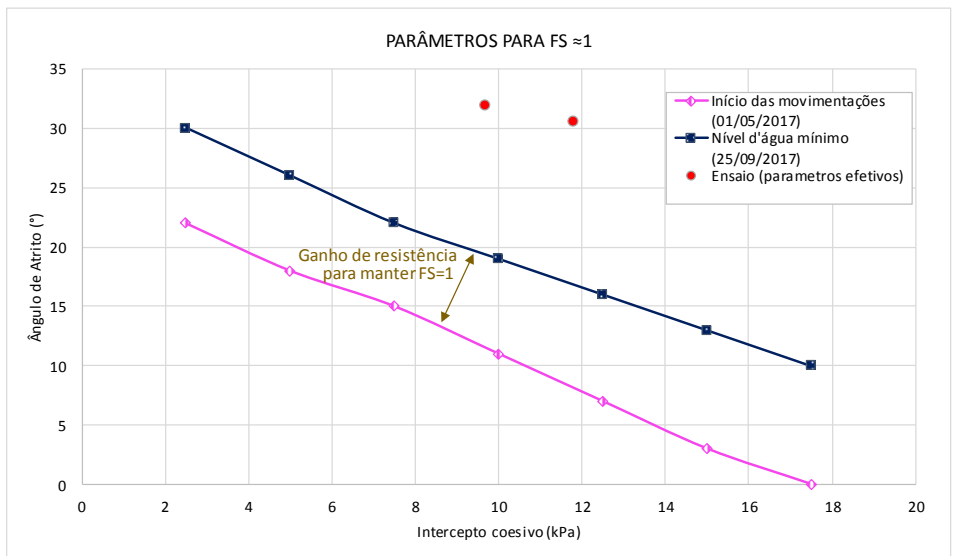


Figura 73- Comparação entre Parâmetros na situação de início das movimentações significativas do talude (01/05/2017) x nível d'água do rio em sua cota mais baixa (25/09/2017).

Na Figura 74 são apresentadas as superfícies de rotura críticas correspondentes aos pares de c e ϕ^* apresentados na Figura 72.

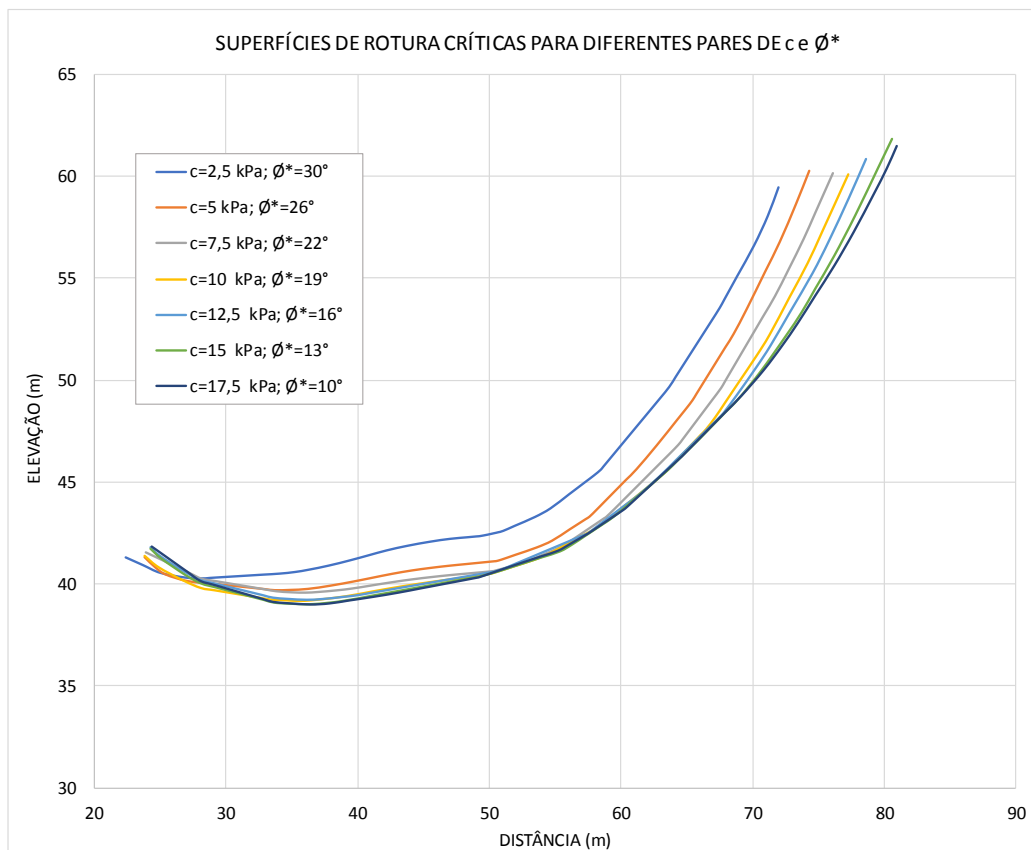


Figura 74- Superfícies de ruptura críticas (25/09/2017).

Assim como feito para a situação em 01/05/2017, a geometria de cada uma das superfícies críticas apresentada na Figura 74 foi discretizada em coordenadas x e y. A partir da média dessas coordenadas foi definida uma superfície intermediária. A Figura 75 apresenta a geometria da superfície intermediária para as análises na situação de 25/09/2017.

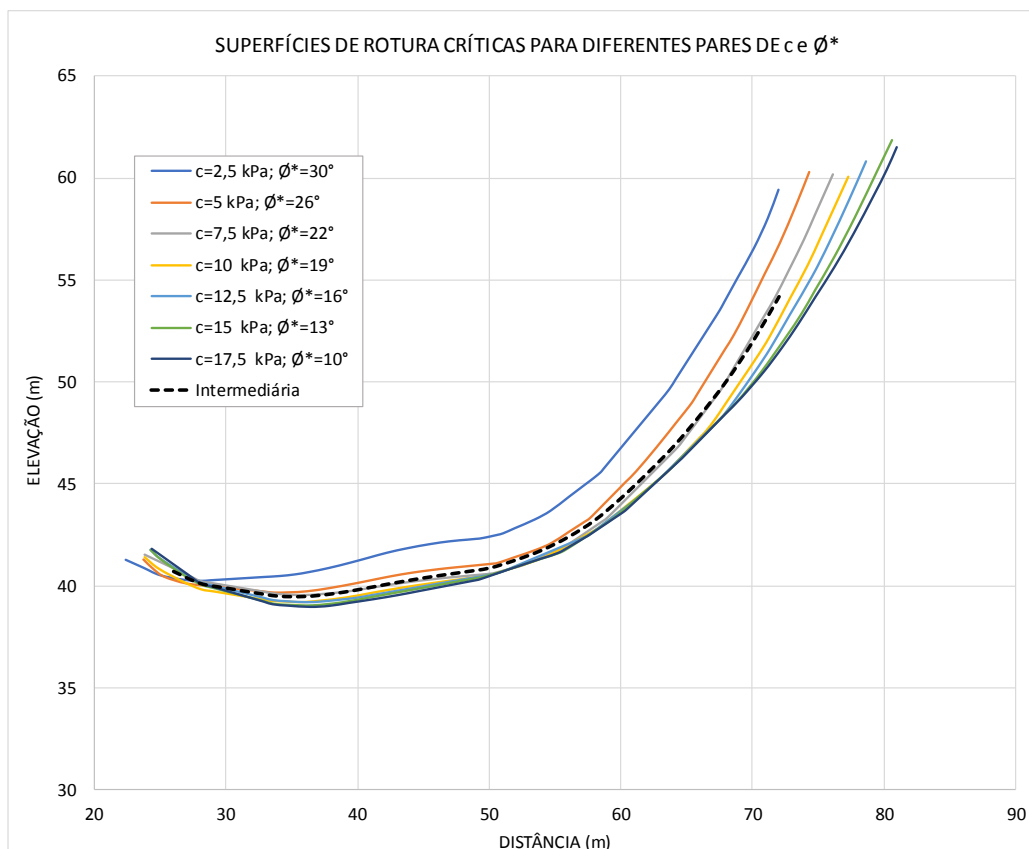


Figura 75- Geometria da superfície intermediária.

O gráfico da Figura 76 apresenta os Fatores de Segurança obtidos ao se realizar novamente análises para cada par de parâmetros considerando a superfície intermediária definida. Na Figura 77 são apresentadas as resultantes das tensões cisalhantes mobilizadas e das resistências ao cisalhamento para cada análise.

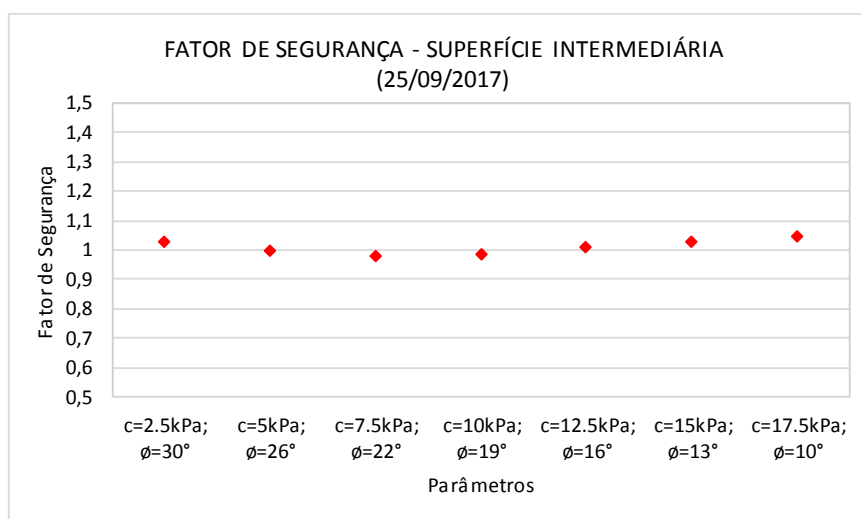


Figura 76- Fatores de Segurança obtidos em análises para cada par de parâmetros para a superfície intermediária definida (25/09/2017).

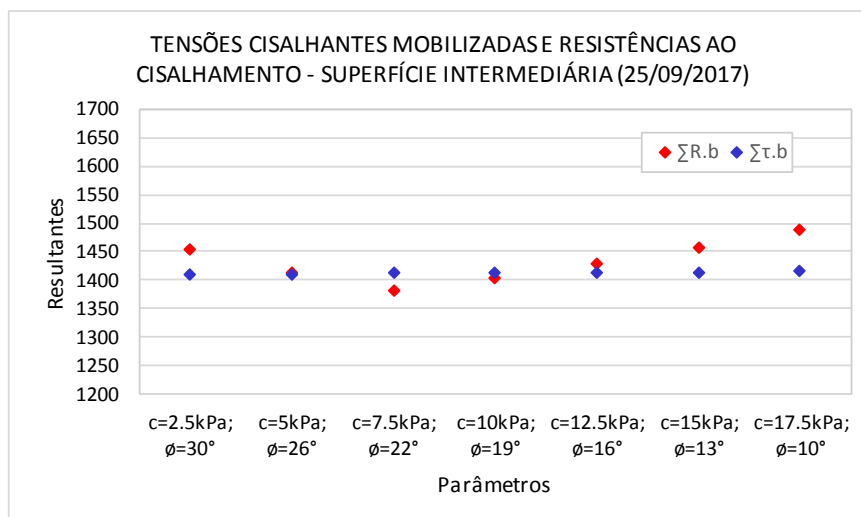


Figura 77- Resultantes das tensões cisalhantes mobilizadas e das resistências ao cisalhamento para cada análise (25/09/2017).

Como pode ser visto nas Figuras 76 e 77 para todos os sete pares de parâmetros obtidos nas análises, não são observadas diferenças significativas nas tensões cisalhantes e resistências ao cisalhamento mobilizadas na superfície intermediária. Posto isto, a superfície intermediária obtida representa bem a situação em análise independentemente do par de parâmetros adotado.

Corroborando com a geometria obtida, as trincas observadas no talude que estão em cotas entre 60 e 62, equivalentes às do ponto de início da ruptura. Além disto, a superfície coincide com as profundidades de maiores deslocamentos dos inclinômetros.

A partir da equação apresentada no item 4.3.1.1 foram calculados os valores de Δu que justificam as diferenças de resistências obtidas na análise com $c' = 10 \text{ kPa}$ e $\phi' = 31^\circ$ e as obtidas na análise com $c = 10 \text{ kPa}$ e $\phi^* = 19^\circ$. Os valores obtidos para Δu estão apresentados no gráfico da Figura 78.

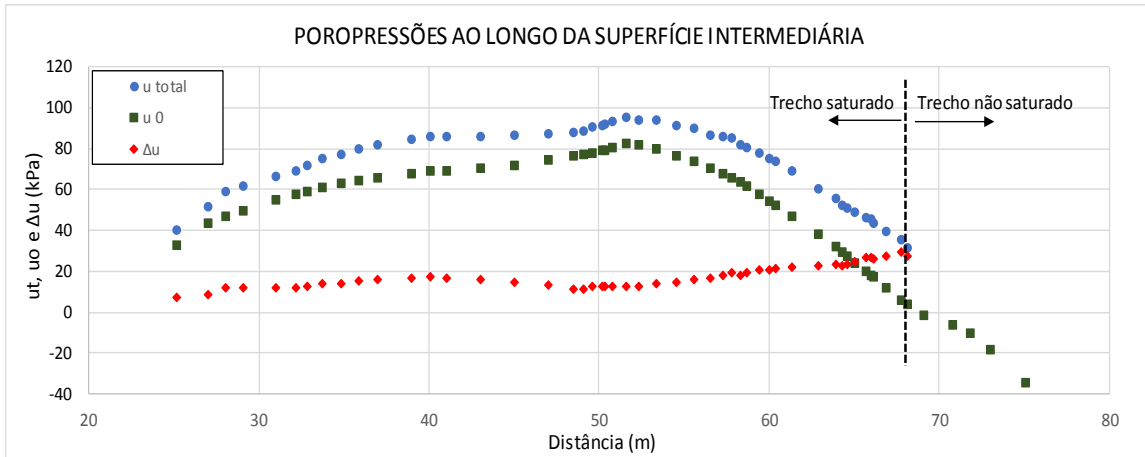


Figura 78- Poropressões u_0 , u_t e Δu ao longo da superfície intermediária (25/09/2017)

Na retroanálise considerando a coesão do solo igual a 10 kPa, a variação do ângulo de atrito de 31° para 19° pode ser explicada por um valor médio de $\Delta u = 16,5$ kPa. No caso, obtém-se a mesma resistência para o solo considerando $c = 10$ kPa, $\phi^* = 19^\circ$ e $\Delta u = 0$ ou $c' = 10$ kPa, $\phi' = 31^\circ$ e $\Delta u = 16$ kPa (Figura 79).

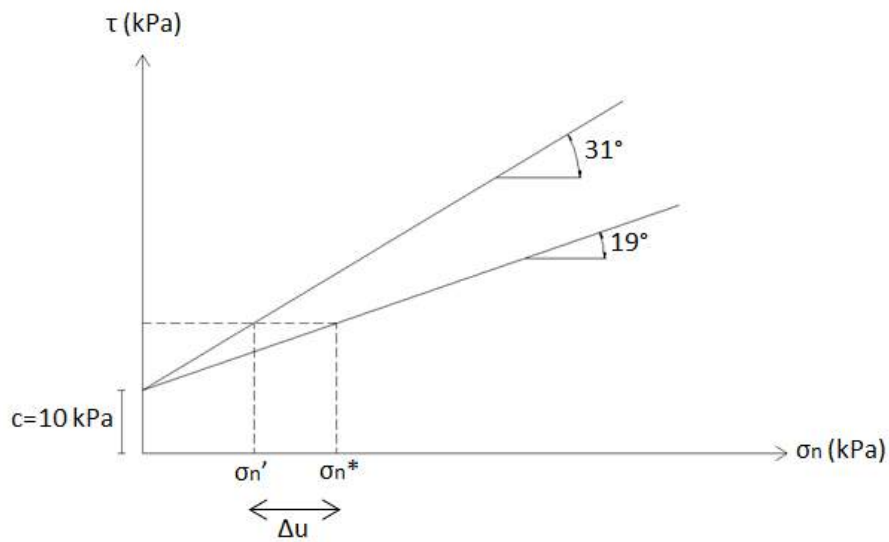


Figura 79- Resistência do solo para $c = 10$ kPa, $\phi^* = 19^\circ$, $\Delta u = 0$; $c' = 10$ kPa, $\phi' = 31^\circ$, $\Delta u = 16$ kPa.

Obteve-se, para 25/09/2017, valores de Δu ao longo da superfície de rotura mais uniformes do que em 01/05/2017.

4.3.1.3. Análises de estabilidade em intervalos de 15 dias

Tendo como objetivo visualizar o comportamento da resistência ao longo do período de estudo foram realizadas análises de estabilidade em intervalos de aproximadamente 15 dias considerando as condições de nível d'água do rio e poropressões obtidas nas análises de percolação para cada data.

Foram realizadas inicialmente análises em tensões efetivas considerando duas condições:

1ª) Parâmetros de resistência efetivos $c'=10$ kPa e $\phi'=31^\circ$, obtidos no ensaio triaxial CIU. Esta condição não leva em consideração a geração de excessos de poropressão devido a carregamentos e descarregamentos.

2ª) Parâmetros de resistência $c=10$ kPa e $\phi^*=11^\circ$, obtidos na retroanálise para a data de 01/05/2019, sob a hipótese de fator de segurança próximo à unidade nesta data. Esta condição, conforme discutido no item 4.3.1.1, representa a condição equivalente de Δu para FS igual a 1 na data da retroanálise.

O gráfico da Figura 80 apresenta os fatores de segurança obtidos, para cada uma das duas condições de parâmetros de resistência descritas, em função do tempo.

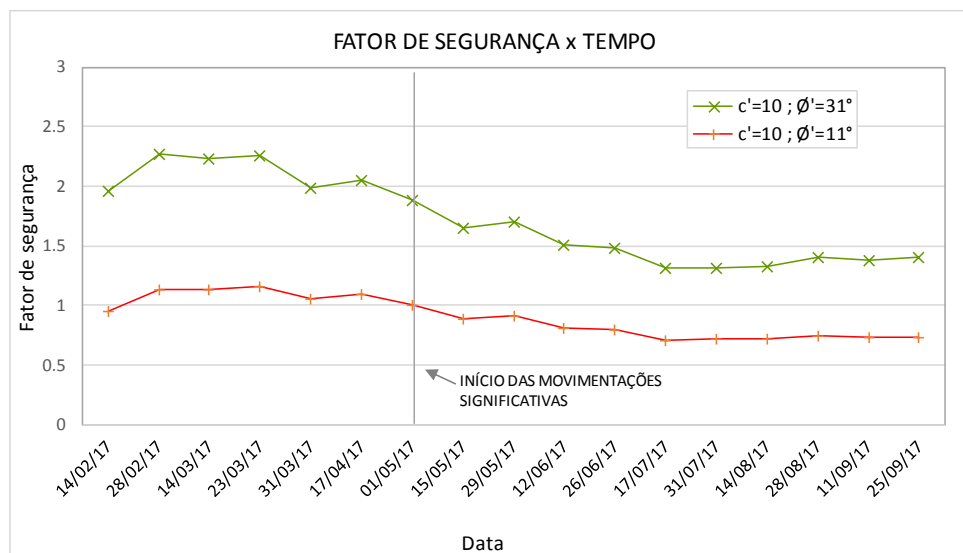


Figura 80- Fator de segurança x Tempo (a cada 15 dias).

No gráfico da Figura 81, foi incluída uma curva de fator de segurança hipotética que busca representar o comportamento observado nas margens do rio, considerando uma dissipação parcial das poropressões, Δu , geradas pelo processo de cisalhamento do solo:

- No período de nível d'água máximo do rio, onde as condições de estabilidade são favoráveis, fator de segurança próximo ao valor para condição drenada com os parâmetros efetivos obtidos no ensaio triaxial CIU;
- Fator de Segurança tendendo a 1,0 no período em que o talude apresentou deslocamentos significativos (maiores do que 6mm).

Para facilitar a interpretação, na Figura 82 estão apresentados o nível d'água do rio e a cota piezométrica medida no piezômetro PZ-1B.

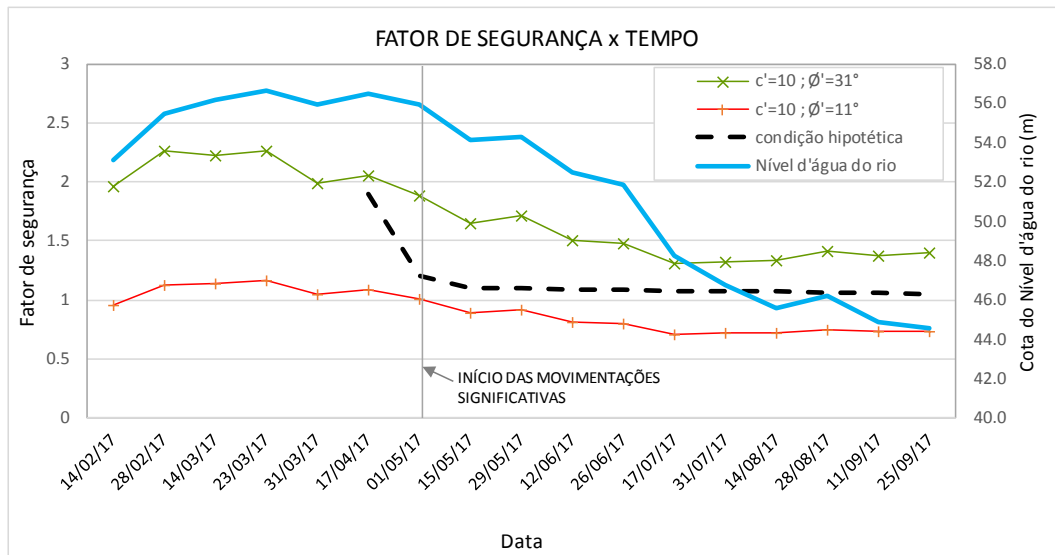


Figura 81- Fator de segurança x Tempo (a cada 15 dias) e condição hipotética.

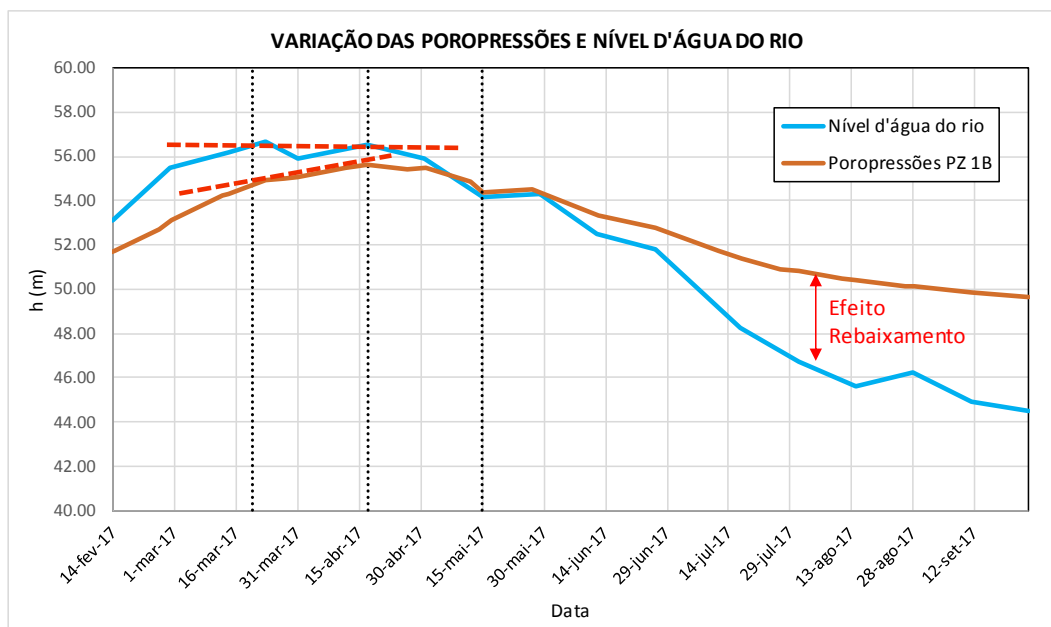


Figura 82- Nível d'água do rio Madeira e cota piezométrica medida no piezômetro PZ-1B.

Pode se observar que:

1. Até aproximadamente 20/03/17, o nível d'água do rio subiu atingindo sua cota máxima, que ficou aproximadamente constante até 17/04/2017;
2. As poropressões medidas no local do PZ-1B refletiram a variação do nível d'água do rio, porém com um retardo, atingindo sua cota máxima em torno de 17/04/2017;
3. No período entre 23/03/17 e 17/04/2017, apesar do nível d'água do rio estar aproximadamente constante, as análises de estabilidade indicaram uma redução do fator de segurança, inclusive para valores menores do que os obtidos para datas anteriores a 23/03/2017. Este fato é justificado pelo aumento das poropressões em busca do equilíbrio com o NA do rio e conseqüente redução na resistência ao cisalhamento. Isto mostra que a condição com nível d'água do rio máximo durante períodos longos podem resultar em condições mais críticas do que as da fase em que o nível d'água do rio está subindo;
4. As movimentações começaram logo após o início da descida do nível d'água do rio, em 01/05/2017;
5. Entre 01/05/2017 e 15/07/2017 o talude apresentou uma redução no fator de segurança para um mesmo par c e ϕ^* . Considerando que em 01/05/2017, para

ocorrer as movimentações, o fator de segurança já se encontrava próximo à unidade e como não existiu uma rotura completa, ocorreu ganho de resistência neste período. Uma possível explicação é uma dissipação parcial do excesso de poropressão gerado pelas alterações nos carregamentos.

6. Após 15/07/2017 os fatores de segurança se mostraram aproximadamente constantes, indicando um equilíbrio entre as condições de estabilidade, mesmo sem a consideração da variação de excessos de poropressão que possam existir em função das alterações nos carregamentos.
7. Nenhum dos dois pares de parâmetros foi capaz de descrever o comportamento ao longo do tempo de maneira satisfatória. Os parâmetros efetivos $c' = 10$ kPa e $\phi' = 31^\circ$ resultaram em valores de fator de segurança iguais ou superiores a 1,4 em todo período de análise, ao passo que os parâmetros $c = 10$ kPa e $\phi^* = 11^\circ$ resultarem em valores menores do que a unidade, da ordem de 0,7 para datas posteriores a partir de 17/07/2017.

O gráfico da Figura 83 apresenta uma nova sequência de análise, onde se verificou qual deveria ser o valor de ϕ^* , para que, com $c = 10$ kPa, o talude apresentasse uma condição próxima ao equilíbrio ($FS \cong 1,0$) entre 01/05/2017 e 25/09/2017 (período entre o início dos deslocamentos e o nível d'água mínimo do rio).

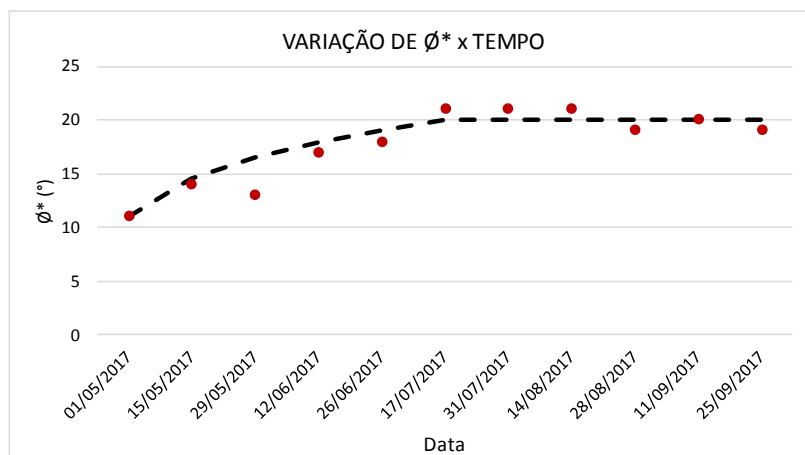


Figura 83- Valores de ϕ^* para fator de segurança próximo à unidade ao longo do tempo.

Observa-se que o valor de \emptyset^* tende a 20° partir de 17/07/2017, mesmo com a contínua alteração nas condições de fluxo. Este par de parâmetros representa uma resistência marginalmente superior à obtida nas análises apresentadas no item 4.3.1.2, onde se verificou que a condição de fator de segurança igual a unidade para a data de 25/09/2017 é obtida com pares de parâmetros $c = 10$ kPa e $\emptyset^* = 19^\circ$. Posto isto, os parâmetros $c = 10$ kPa e $\emptyset^* = 20^\circ$ também justificam perfeitamente as movimentações observadas em 25/09/2017 podendo ser considerados representativos desta data.

A Figura 84 reproduz o gráfico apresentado na Figura 81 com a inclusão dos resultados de análises de estabilidade para os pares de parâmetros $c=10$ kPa e $\emptyset^*=20^\circ$.

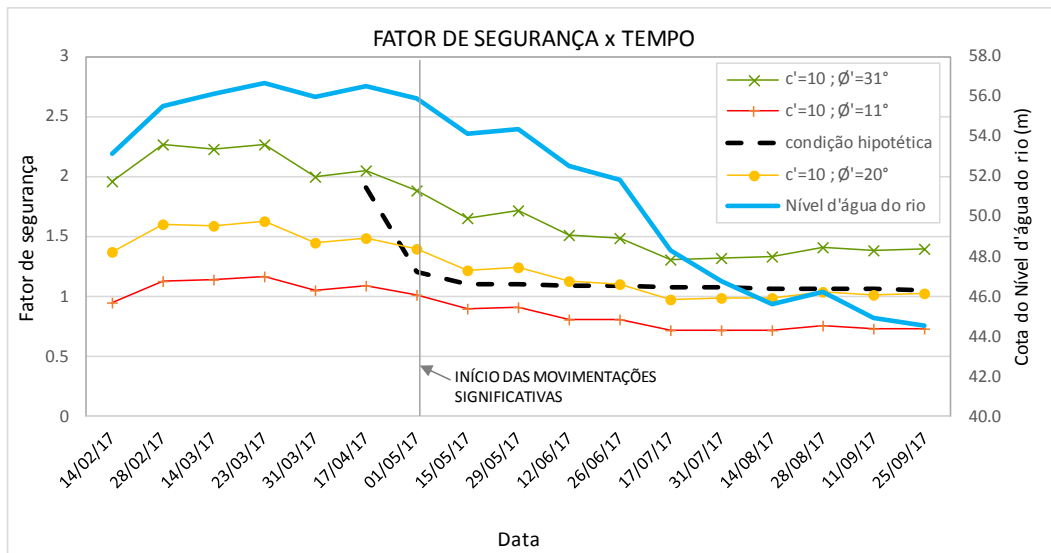


Figura 84- Fator de segurança x Tempo (a cada 15 dias) incluindo análise considerando $\emptyset^*=20^\circ$.

Os parâmetros $c=10$ kPa e $\emptyset^*=20^\circ$ foram os que melhor representaram o comportamento do talude, em especial no período crítico de estabilidade, entre 01/05/2017 e 25/09/2017. Para explicar o comportamento do talude, não se observa a necessidade de considerar variações significativas dos valores de excessos de propressão gerados por alterações nos carregamentos após 15/05/2017, data em que o fator de segurança atingiu o valor de 1,2, já possibilitando a ocorrência das movimentações observadas. Em 01/05/2017, no início das movimentações começam as gerações de propressão e ao passo que começa também a dissipação das mesmas. Tem-se um comportamento parcialmente drenado que reduz os excessos de propressões gerados pelas variações nos carregamentos.

Se considerar, de forma simplificada, que a dissipação dos excessos de poropressão devidos a alterações nos carregamentos ocorrem de maneira independente das poropressões devidas ao rebaixamento rápido e que esta se dá essencialmente no sentido de menor dimensão da camada, podendo ser descrita pelo coeficiente de adensamento vertical c_v , tem-se para $U = 99\%$:

$$t = \frac{T_{99} \cdot H_d^2}{c_v} \quad (18)$$

Com H_d igual a 4,00 m (metade da espessura da camada) e c_v igual a $6,5 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$ (obtido nos ensaios de adensamento para os níveis de tensões reinantes na camada de argila)

$$t = \frac{1,781 \cdot (400\text{cm})^2}{6,5 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}} \therefore t \cong 50 \text{ dias} \quad (19)$$

Desta forma verifica-se que ocorre de forma contínua e significativa dissipação de poropressões durante os 6 meses de rebaixamento do nível d'água, assim como, ocorre também de forma contínua a geração de excessos de poropressões devido a alterações nos carregamentos com a descida do mesmo, configurando um comportamento parcialmente drenado. O contraste entre a velocidade dos carregamentos e de dissipação das poropressões não justificam um tratamento para condição drenada, nem tão pouco não drenada.

Verifica-se que o par de valores $c=10 \text{ kPa}$ e $\phi^*=20^\circ$ se mostra adequado para a adoção em projetos de engenharia que visem a estabilização do talude em estudo.

5. CONCLUSÕES

Analisou-se o comportamento de um talude de calha fluvial situado na margem direita do rio Madeira que vem sofrendo deslocamentos que se tornam mais expressivos nos períodos de vazantes. Os resultados evidenciaram que:

- Observa-se que a movimentação ocorre basicamente na camada superficial de granulometria fina (cerca de 80% passante na peneira #200).

- As análises de fluxo transiente realizadas por elementos finitos demonstraram serem capazes de reproduzir bem as poropressões no interior do maciço, verificando-se uma boa consistência entre os resultados medidos e calculados. Foi possível, através das mesmas e das medições, observar a existência de uma defasagem significativa entre a velocidade de variação de nível d'água do rio e do interior do maciço tanto na subida, quanto na descida do nível d'água do rio. O tempo não é suficiente para equalização nem na ocasião da máxima cheia, tampouco na de vazante. Durante o período de descida do nível d'água do rio fica evidente a ocorrência do efeito de “rebaixamento rápido”.

- As análises de estabilidade por equilíbrio limite permitiram avaliar o comportamento do talude frente às variações de nível d'água do rio e das poropressões. Verificou-se consistência entre as superfícies críticas obtidas nas análises de equilíbrio limite e as movimentações medidas no campo por inclinometria e as trincas de tração na face do talude.

- Com base nas observações de campo, admitiu-se Fator de Segurança próximo à unidade no período em que o talude apresentou movimentações significativas. A diferença entre os parâmetros retroanalisados ($c=10$ kPa e $\phi^*=20^\circ$) e os obtidos nos ensaios triaxiais CIU ($c'=10$ kPa e $\phi'=31^\circ$) é explicado pelos excessos de poropressão gerados pelas alterações nos carregamentos.

- As análises permitem concluir que o talude não se comporta de forma perfeitamente drenada e que o efeito de “rebaixamento rápido” é condicionante à estabilidade do mesmo. Análises em solos com valores de coeficiente de adensamento baixos frente às velocidades de carregamento devem levar em consideração possíveis excessos de poropressão. O valor médio do excesso de poropressão que explicaria o observado é da ordem de 16 kPa. Tais resultados indicam que medidas que favorecessem

à drenagem tenderiam a resistências maiores para o solo melhorando a estabilidade do local.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2016, NBR 6457 *Amostras de solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*. Brasil.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2016, NBR 6458 *Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água*. Brasil.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2016, NBR 6459 *Solo - Determinação do limite de liquidez*. Brasil.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2016, NBR 7180 *Solo — Determinação do limite de plasticidade*. Brasil.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2016, NBR 7181 *Solo – Análise granulométrica*. Brasil.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2009, NBR 11682 *Estabilidade de encostas*. Brasil.
- ANDRADE, C. D., 2008, *Análise Pluviométrica da Bacia Transfronteiriça do Rio Madeira*. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- AUGUSTO FILHO, O., “Caracterização Geológico-Geotécnica Voltada à Estabilização de Encostas: Uma Proposta Metodológica”, In: *1ª Conferência Brasileira sobre estabilidade de encostas (COBRAE)*, v. 2 pp. 721-733, Rio de Janeiro, Brasil, nov. 1992.
- AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C., “Estabilidade de Taludes”. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (eds.) *Geologia de Engenharia*, 1 ed., capítulo 15, São Paulo, Brasil, Oficina de textos, 1998.
- BERNÁL, F. H., 2013, *Determinação de parâmetros para avaliação da estabilidade de taludes marginais em leito de rio*. Tese de Doutorado, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.
- BISHOP, A. W., HENKEL, D.J., 1962, *The Measurement of Soil Properties in the Triaxial Test*. 2 ed. Londres, Edward Arnold.
- BRASIL, 2009, *Manual Técnico de Geomorfologia*. 2 ed. Rio de Janeiro, IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM), 2007, *Mapa geológico e de recursos minerais do estado de Rondônia*. Brasil. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/plgb/rondonia/rondonia_ctgeologica.pdf. Acessado em 26/04/2018.
- CRAIG, R. F., 2004, *Craig's soil mechanics*. 7 ed. New York, Spon Press.

- CRUZ, P. T., 2004, *100 Barragens Brasileiras: Casos históricos, materiais de construção, projeto*. 2 ed. São Paulo, Brasil, Oficina de Textos.
- DANTAS, M. E.; ADAMY, A., “Compartimentação do relevo”. In: ADAMY, A. (org.) *Geodiversidade do estado de Rondônia*, capítulo 3, Porto Velho, Brasil, CPRM, 2010.
- FREDLUND, D. G; MORGENSTERN, N. R., 1977, “Stress State Variables for Unsaturated Soils”, *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, v. 103, n. GT5, pp. 447-466.
- FIORI, A. P; CARMIGNANI, L., 2009, *Fundamentos de Mecânica dos Solos e das rochas: Aplicação na estabilidade de Taludes*. 2 ed. Curitiba, Brasil, Editora UFPR.
- FISCH, G.; LEAN, J.; WRIGHT, I. R.; NOBRE, C. A., 1997, “Simulações Climáticas do Efeito do Desmatamento na Região Amazônica: Estudo de um Caso em Rondônia”, *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 12, n. 1, pp. 33-48.
- GEORIO, 2000, *Manual Técnico de encostas*. v. 1, Rio de Janeiro, Brasil, Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro.
- GEOSTUDIO, 2012, *User’s guide: Seepage Modeling with SEEP/W*. GEO-SLOPE INTERNATIONAL LTD.
- GEOSTUDIO, 2012, *User’s guide: Stability Modeling with SLOPE/W*. GEO-SLOPE INTERNATIONAL LTD.
- GERSCOVICH, D., 2012, *Estabilidade de Taludes*. 1 ed. São Paulo, Brasil, Oficina de Textos.
- GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M., 1983, *Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação*. 2 ed. São Paulo, Brasil, Edgard Blücher.
- LADD, C. C., DEGROOT, D. J., “Recommended Practice for Soft Ground Site Characterization”. In: *12th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, pp. 3-57, MIT, USA, jun. 2003.
- LAMBE, T.W.; WHITMAN, R.V., 1979, *Soil Mechanics*. SI Version. New York, United States, Copyright.
- MASSAD, F., 2010, *Obras de Terra*. 2 ed. São Paulo, Brasil, Oficina De Textos.
- MUNIZ, L. S., 2013, *Análise dos Padrões Fluviométricos da Bacia do Rio Madeira – Brasil*. Dissertação de Mestrado, UFAM, Manaus, AM, Brasil.
- OLIVEIRA, J.T.R., 2002, *A Influência da Qualidade da Amostra no Comportamento Tensão-Deformação-Resistência de Argilas Moles*. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- PINTO, C. de S., 2006, *Curso Básico de Mecânica dos Solos*. 3 ed. São Paulo, Brasil,

Oficina De Textos.

QUADROS, M. L. E. S., “Contexto geológico”. In: ADAMY, A. (org.) *Geodiversidade do estado de Rondônia*, capítulo 2, Porto Velho, Brasil, CPRM, 2010.

ROWE, P. W.; BARDEN, L., 1964, “Importance of free ends in triaxial testing”, *Journal of Soil Mechanics and Foundations Division*, v. 90, n. SM1, pp. 1-27.

SKEMPTON, A. W., 1954, “The pore-pressure coefficients A and B”, *Geotechnique*, v. 4, n. 4 (dec.), pp.143-147 .

TAYLOR, D.W., 1948, *Fundamentals of Soil Mechanics*. New York, John Wiley e Sons.

TERZAGHI, K., 1936, “The Shearing Resistance of Saturated Soils and The Angle between the Planes of Shear”, In: *Proceedings of 1st Int. Conf. Soil Mechanics Foundations Engineering*, v. 1, pp. 54-56.

TERZAGHI, K; FROHLICH, O.K., 1936, *Theorie der setzung von tonschichten*. Viena, Austria, Leipzig, Wien, Franz Deuticke.

THOMASI, L., 2000, *Sobre a Existência de uma Parcela Viscosa na Tensão Normal Efetiva*. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

TUCCI, C. E. M., 2007, *Análises dos Estudos Ambientais dos Empreendimentos do Rio Madeira*. IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente, Brasil. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/Alf%20Sultan%20report/sultan_relatorio_tucci.pdf

VAN GENUCHTEN, M. T., 1980, “A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils”, *Soil Science Society of America Journal*. n. 44, pp. 892-898.

VARNES, D. J., 1978, “Slope movement types and processes”. In: SCHUSTER, R. L.; KRIZEK, R. J. (eds.) *Landslides Analysis and Control*, chapter 2, Washington, National Academy of Sciences.

ANEXO I - BOLETINS DE SONDAGENS

FURO SP 301

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PROFUNDOS 30cm	SERIADOS 30cm	COTA E NA	SPT				ROCHA					PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLÓGICO	DESCRICAÇÃO GEOLÓGICA	
				Nº DE GOLPES P/30cm				GRAU DE FRATURAMENTO		JAR						
				INICIAL		FINAL										
				10	20	30	40	%								
PREFUNDIDADE COM RELAÇÃO A 30CM DO FURO				Nº DE RECUPERAÇÃO DE TESTE/INCH												
				20	40	60	80	0	5	10	15	20	30	50		
N	N	N	0,00												ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, MOLE A MEDIA GNZA ESCURA (ALUVIÃO).	
N	N	N	0,45													
N	N	N	0,90													
J	J	J	1,35													
N	N	N	1,80													
N	N	N	2,25													
J	J	J	2,70													
J	J	J	3,15													
J	J	J	3,60													
J	J	J	4,05													
4	4	4	4,50													
4	4	4	4,95													
4	4	4	5,40													
6	6	6	5,85													
6	6	6	6,30													
6	6	6	6,75													
6	6	6	7,20													
6	7	7	7,65													
10	12	12	8,10													
11	13	13	8,55													
J	J	J	9,00													
9	13	13	10,00													
11	15	15	11,00													
6	9	9	12,00													
10	13	13	13,00													
7	10	10	14,00													
8	10	10	15,00													
7	11	11	16,00													
9	11	11	17,00													
												8,10	—RUA.	AREIA FINA ARGILOSA, POUCO SILTOSA, MEDIA A RUA, AMARELA (ALUVIÃO).		
												9,05				

REL. Nº	DES.
-	
DATA	ESC.
22/01/2018	1/100
ENG. RESP.	COORDENADA
	N. 9.047.471,068
	E. 4.12.075,517
PROF.	TERRENO
20,45m	54,814
INICIO 23/10/2017	FURO Nº
TÉRMINO 24/10/2017	SP - 301
VISTO	

FURO SP 301

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PROFUNDOS 30cm	SEGUNDOS 80cm	COTA E Nº	PROFUNDIDADE COM RELAÇÃO A BOTA DO FURE	S P T										R O C H A		PREFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLÓGICO	DESCRICAÇÃO GEOLÓGICA																											
					Nº DE GOLPES P/30cm																																									
					INICIAL		FINAL								GRAU DE FRATURAMENTO					LBR																										
					10	20	30	40							5	10				15	20	30	50																							
					% DE RECUPERAÇÃO DE TESTEMUNHO																																									
					20	40	60	80																																						
				18,00																																										
6		10																																												
11		13		19,00																																										
13		13		20,00																																										
LIMITE DE SONDAGEM DETALHES DA SONDAGEM TC - 0,00 - 9,00 LV - 9,45 - 20,00 RV - 8,00 NA - 9,60																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>REL. Nº</td> <td>-</td> <td>DES.</td> </tr> <tr> <td>DATA</td> <td>22/01/2018</td> <td>ESC.</td> </tr> <tr> <td>ENG. RESP.</td> <td></td> <td>COORDENADA</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>N. 9.047.471,068</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>E. 412.075,517</td> </tr> <tr> <td>PROF.</td> <td>20,45m</td> <td>TERRENO</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>S4,814</td> </tr> <tr> <td>INÍCIO</td> <td>23/10/2017</td> <td>FURONº</td> </tr> <tr> <td>TÉRMINO</td> <td>24/10/2017</td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; font-weight: bold;">SP - 301</td> </tr> <tr> <td>VISTO</td> <td></td> </tr> </table>																		REL. Nº	-	DES.	DATA	22/01/2018	ESC.	ENG. RESP.		COORDENADA			N. 9.047.471,068			E. 412.075,517	PROF.	20,45m	TERRENO			S4,814	INÍCIO	23/10/2017	FURONº	TÉRMINO	24/10/2017	SP - 301	VISTO	
REL. Nº	-	DES.																																												
DATA	22/01/2018	ESC.																																												
ENG. RESP.		COORDENADA																																												
		N. 9.047.471,068																																												
		E. 412.075,517																																												
PROF.	20,45m	TERRENO																																												
		S4,814																																												
INÍCIO	23/10/2017	FURONº																																												
TÉRMINO	24/10/2017	SP - 301																																												
VISTO																																														

FURO SP 302

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PROFUNDIDADE DE RECORTE	SEGUNDOS S/m	COTA E NA	PROFUNDIDADE COM RELACAO A BOTA DO FURO	S P T				R O C H A					PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAO GEOLOGICA
					Nº DE GOLPES P/30cm				GRAU DE FRATURAMENTO		JAR					
					INICIAL		FINAL									
					10	20	30	40	0	5	10	15	20			
5	8	8		0,00												
6	6	6		0,45												
5	5	5		0,90												
4	4	4		1,35												
4	3	3		1,80												
4	4	4		2,25												
3	3	3		2,70												
2	3	3		3,15												
4	5	5		3,60												
3	4	4		4,05												
4	4	4		4,50												
4	5	5	4,87	4,95												
5	6	6	27/10/2017	5,40												
3	4	4		5,85												
5	5	5		6,30												
6	6	6		6,75												
4	5	5		7,20												
6	7	7		7,65												
6	7	7		8,10												
6	7	7		8,55												
7	8	8		9,00												
4	4	4		10,00											10,30	
2	2	2		11,00												AREIA FINA AREOLOSA, POUCO SILTOSA, FOFA, AMARELADA (ALUMÃO).
8	13	13		12,00											12,00	MEDIAMENTE COMPACTA.
8	12	12		13,00												
8	12	12		14,00												
8	9	9		16,00												
11	12	12		16,00												
8	10	10		17,00												

REL. Nº	DES.
-	
DATA	ESC.
22/01/2018	1/100
ENGR. RESP.	COORDENADA
	N. 9.047.502,522
	E. 412.119,036
PROF.	TERRENO
20,49m	S4,170
INÍCIO 25/10/2017	FURO Nº
TÉRMINO 27/10/2017	SP - 302
VISTO	

FURO SP 303

TIPO DE ATIVIDADE	REVESTIMENTO	PROFUNDIDADE EM metros	COTA E N.º	PROFUNDIDADE COM RELAÇÃO A NÍVEL DO FLUÍDO	SPT				ROCHA				PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA				
					N.º DE GOLPES P/30cm				GRAU DE FRATURAMENTO		COR								
					INICIAL		FINAL		1p	2p	3p	4p				1	2	3	4
									% DE RECUPERAÇÃO DE TESTEMUNHO										
					20	40	60	80											
		2	3	0,00															
		2	2	0,48															
		2	3	0,90															
		2	3	1,36															
		2	3	1,80															
		2	2	2,28															
		2	3	2,70															
		4	4	3,15															
		4	5	3,60															
		5	7	4,05															
		8	9	4,50															
		7	8	4,95															
		8	6	5,40															
		3	6	5,85															
		8	8	6,30															
		8	7	6,75															
		4	4	8,00															
		3	4	9,00															
		5	8	10,00															
		7	6	11,00								10,60							
		8	8	12,00															
		7	10	13,00															
		8	12	14,00															
		8	14	15,00															
		10	16	16,00															
		12	17	17,00															

REL. N.º	DES.
-	
DATA	ESC.
22/01/2018	1/100
BNG. RESP.	COORDENADA
	N. 9.047.480,092
	E. 412.068,269
PROF.	TERRENO
20,45m	S1,584
INÍCIO 08/11/2017	FURO N.º
TÉRMINO 09/11/2017	
VISTO	SP - 303

FURO SP 303

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PRIMEIROS 30cm	SEGUNDOS 30cm	COTA E NA	PROFUNDIDADE COM RELACAO A BICA DO FURO	S P T										R O C H A		PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAO GEOLOGICA	
					N° DE GOLPES P/30cm		GRAU DE FRATURAMENTO		1&R											
					INICIAL	FINAL	0	5		10	15	20	30	40	50					
					% DE RECUPERACAO DE TESTEMUNHO															
				18,00																
	13	18		19,00													19,00		COMPACTA.	
	14	20		20,00																
	15	21															20,45		LIMITE DE SONDAGEM	
																			DETALHES DA SONDAGEM TC - 0,00 - 6,00 LV - 8,45 - 20,00 RV - 8,00 NA - 1,82	
																	REL. N°	DES.		
																	-			
																	DATA	ESC.		
																	22/01/2018	1/100		
																	ENG. RESP.	COORDENADA		
																		N. 9.047.480,092 E. 412.068,269		
																	PROF.	TERRENO		
																	20,45m	S1,594		
																	INÍCIO	FURO N°		
																	08/11/2017			
																	TÉRMINO			
																	09/11/2017			
																	VISTO			
																	SP - 303			

FURO SP 304

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PROFUNDIDADE COM RELAÇÃO A BOTA DO FURE	COTA E NA	SPT				ROCHA					PREFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAÇÃO GEOLOGICA	
			Nº DE GOLPES P/30cm				GRAU DE FRATURAMENTO		LBR						
			INICIAL		FINAL										
			10	20	30	40	0	5	10	15	20				30
		0,00													ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, MOLE A MEDIA CINZA ESCURO (ALUVIÃO).
3	3	0,45													
2	3	0,90													
2	2	1,35													
2	2	1,80													
2	3	2,25													
4	4	2,70													
6	6	3,15													
4	4	3,60													
6	6	4,05													
4	6	4,50													
6	6	4,95													
7	8	5,40													
8	8	5,85													
10	10	6,30													
8	8	6,75													
4	3	8,00													
4	4	8,00													
4	3	10,00										9,85		AREIA FINA ARGILOSA, POUCO SILTOSA, FOFA A POUCO COMPACTA, AMARELADA (ALUVIÃO).	
5	8	11,00													
7	10	12,00										12,00		MEDIAMENTE COMPACTA A COMPACTA.	
10	14	13,00													
11	18	14,00													
10	14	15,00													
8	14	18,00													
12	16	17,00													

REL. Nº	DES.
-	
DATA	ESC.
22/01/2018	1/100
ENGº. RESP.	COORDENADA
	N. 9.047.511,308
	E. 412.113,115
PROF.	TERRENO
20,45m	48,810
INÍCIO 27/10/2017	FURO Nº
TÉRMINO 30/10/2017	SP - 304
VISTO	

FURO SP 101

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PRIMEIROS 30cm	SEGUNDOS 30cm	COTA E NA	PROFUNDIDADE COM RELAÇÃO A BOCA DO FURO	S P T				R O C H A					PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICA O G E O L O G I C A		
					N° DE GOLPES P/30cm				GRAU DE FRATURAMENTO		I.Q.R.							
					INICIAL		FINAL											
					10	20	30	40	% DE RECUPERACAO DE TESTEMUNHO									
					20	40	60	80	0	5	10	15	20	00	50	0		
	32	50		33,00														SILTE ARENOSO, POUCO ARGILOSO, COMPACTO A MUITO COMPACTO, AVERMELHADO/ CINZA (ALUVIAO).
	30	48		34,00														
	30/9	-		35,00														LIMITE DE SONDAAGEM
DETALHES DA SONDAAGEM TC - 0,00 RV - 12,00 LV - 13,00 - 35,00 NA - LAMINA D'ÁGUA																		
												REL. N°	DES.					
												DATA	ESC.					
												12/07/2017	1/100					
												ENG. RESP.	COORDENADA					
													N. 9.047.513,650					
													E. 412.072,017					
												PROF.	COTA					
												35,09m	52,641m					
												INICIO	01/07/2017	FURO N°				
												TÉRMINO	02/07/2017	SP - 101				
												VISTO						

FURO SP 102

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PRIMEIROS 30cm	SEGUNDOS 30cm	COTA E NA	PROFUNDIDADE COM RELACAO A BODA DO FURO	S P T				R O C H A					PROFUNDIDADE DAS PASSARELAS	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAO GEOLOGICA	
					N° DE GOLPES P/30cm				GRAU DE FRATURAMENTO								I.Q.R.
					INICIAL		FINAL										
					10	20	30	40	20	40	60	80	0				5
	1/55	-	1,14	1,00												0,75	ARGILA SILTOSA, COM DETRITOS VEGETAIS ACINZENTADO (ALUVIÃO).
	2	2	27/06/2017	2,00													ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, MUITO MOLE CINZA ESCURA (ALUVIÃO).
	2	2		3,00													
	2	3		4,00													
	2	3		5,00													
	3	4		6,00												6,00	MOLE.
	3	5		7,00													
	3	4		8,00												7,80	AREIA MEDIA A GROSSA SILTOSA, FOFA, AMARELA.
	3	4		9,00													
	5	8		10,00												10,00	POUCO A MEDIAMENTE COMPACTA.
	4	7		11,00												11,00	NÃO SAIU AMOSTRA.
	3	5		12,00												12,00	NÃO SAIU AMOSTRA.
	8	10		13,00												13,10	AREIA FINA SILTOSA, ARGILOSA, MEDIAMENTE COMPACTA, AMARELADA.
	7	9		14,00													
	7	12		15,00													
	7	10		16,00												15,90	AREIA FINA ARGILOSA, POUCO SILTOSA, MEDIAMENTE COMPACTA, AMARELADA.
	13	16		17,00													

REL. N°	DES.
-	
DATA	ESC.
30/06/2017	1/100
ENG. RESP.	COORDENADA
	N. 9.047.482,861
	E. 412.095,901
PROF.	COTA
35,24m	54,232m
INÍCIO 26/06/2017	FURO N°
TÉRMINO 29/06/2017	SP - 102
VISTO	

FURO SP 102

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PRIMEIROS 30cm	SEGUNDOS 30cm	COTA E NA	PROFUNDIDADE COM RELACAO A BOCA DO FURO	S P T				R O C H A					PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAO GEOLOGICA	
					N° DE GOLPES P/30cm				GRAU DE FRATURAMENTO								I.Q.R.
					INICIAL		FINAL										
					% DE RECUPERACAO DE TESTEMUNHO				0	5	10	15	20				00
	10	13		18,00													
	7	11		19,00													
	12	16		20,00										19,60		AREIA FINA SILTOSA, POUCO ARGILOSA MEDIAMENTE COMPACTA, AMARELADA.	
	11	15		21,00													
	12	16		22,00													
	13	18		23,00													
	13	17		24,00										23,50		AREIA FINA SILTOSA, POUCO ARGILOSA, MEDIAMENTE COMPACTA, AMARELA ESCURA.	
	13	18		25,00													
	44	60		26,00										26,00		MUITO COMPACTA.	
	12	19		27,00										26,80		ARGILA SILTOSA, RIJA A DURA, CINZA CLARA.	
	11	15		28,00													
	14	20		29,00													
	15	21		30,00													
	14	22		31,00													
	27	34		32,00													
	39/27	-		33,00										32,80		SILTE POUCO ARGILOSO DURO AMARELADO.	
	53/28	-		34,00										34,00		IDEM, VERMELHO.	

REL. N°	DES.
-	
DATA	ESC.
30/06/2017	1/100
ENG. RESP.	COORDENADA
	N. 9.047.482,861
	E. 412.095,901
PROF.	COTA
35,24m	54,232m
INICIO 26/06/2017	FURO N°
TERMINO 29/06/2017	SP - 102
VISTO	

FURO SP 102

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PRIMEIROS 30cm	SEGUNDOS 30cm	COTA E NA	PROFUNDIDADE COM RELACAO A BOCA DO FURO	S P T				R O C H A					PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAO GEOLOGICA	
					N° DE GOLPES P/30cm				GRAU DE FRATURAMENTO								I.Q.R
					INICIAL		FINAL										
					10	20	30	40									
% DE RECUPERACAO DE TESTEMUNHO					0	5	10	15	20	30	50	0					
20	40	60	80														
55/24	-	-		35,00													
															LIMITE DE SONDAAGEM		
															DETALHES DA SONDAAGEM		
															TC - 0,00 - 2,00		
															RV - 3,00		
															LV - 2,45 - 35,00		
															NA - 1,14		
												REL. N°	DES.				
												-					
												DATA	ESC.				
												30/06/2017	1/100				
												ENG°.	COORDENADA				
												RESP.	N. 9.047.482,861				
													E. 412.095,901				
												PROF.	COTA				
												35,24	54,232m				
												INICIO	FURO N°				
												26/06/2017	SP - 102				
												TERMINO					
												29/06/2017					
												VISTO					

FURO SP 103

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PRIMEIROS 30cm	SEGUNDOS 30cm	COTA E NA	PROFUNDIDADE COM RELACAO A BOCA DO FURO	S P T				R O C H A					PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAO GEOLOGICA	
					N° DE GOLPES P/30cm				GRAU DE FRATURAMENTO								IQR
					INICIAL		FINAL										
					X DE RECUPERACAO DE TESTEMUNHO				0	5	10	15	20				30
	1/77	-		1,00												ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, MUITO MOLE A MOLE, MARROM VERMELHA, (ALUVIAO).	
	2	3		2,00													
	4	5		3,00													
	3	6		4,00										4,00	MEDIA.		
	24	33		5,00										5,00	RIJA A DURA.		
	16	19		6,00													
	6	7		7,00										6,90		AREIA MEDIA A GROSSA, POUCO ARGILOSA, POUCO COMPACTA, CINZA AMARELADO, (ALUVIAO).	
	17	19		8,00										8,00		MEDIAMENTE COMPACTO A COMPACTO.	
	10	12	9,00	9,00													
	12	15	11/07/2017	10,00													
	13	15		11,00													
	7	7		12,00										11,80		AREIA FINA SILTOSA, POUCO ARGLOSA, POUCO A MEDIAMENTE COMPACTA, MARROM AMARELADA.	
	13	15		13,00													
	6	10		14,00													
	7	12		15,00													
	12	15		16,00													
	9	10		17,00													

REL. N°	DES.
-	
DATA	ESC.
07/08/2017	1/100
ENG°.	COORDENADA
RESP.	N. 9.047.474,205
	E. 412.111,455
PROF.	COTA
40,45m	61,854
INICIO 05/07/2017	FURO N°
TERMINO 11/07/2017	SP - 103
VISTO	

FURO SP 103

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PRIMEIROS 30cm	SEGUNDOS 30cm	COTA E NA	PROFUNDIDADE COM RELACAO A BOCA DO FURO	S P T N° DE GOLPES P/30cm				R O C H A					PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAO GEOLOGICA		
					INICIAL		FINAL		GRAU DE FRATURAMENTO								I.Q.R.	
					10	20	30	40										
					% DE RECUPERACAO DE TESTEMUNHO				20	40	60	80	0				5	10
	6	9		18,00														
	6	8		19,00														
	6	9		20,00														
	7	10		21,00														
	6	9		22,00														
	5	4		23,00										23,00				FOFA.
	10	14		24,00										24,00				MEDIAMENTE COMPACTA A COMPACTA.
	11	16		25,00														
	11	16		26,00														
	9	12		27,00														
	11	14		28,00														
	13	18		29,00														
	14	18		30,00														
	15	20		31,00														
	11	16		32,00														
	14	20		33,00														
	27	33		34,00														

REL. N°	DES.
-	
DATA	ESC.
19/07/2017	1/100
ENG. RESP.	COORDENADA
	N. 9.047474,205
	E. 412.111,455
PROF.	COTA
40,45m	61,854
INICIO 05/07/2017	FURO N°
TÉRMINO 11/07/2017	SP - 103
VISTO	

FURO SP 103

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PRIMEIROS 30cm	SEGUNDOS 30cm	COTA E NA	PROFUNDIDADE COM RELAÇÃO A BOCA DO FURO	S P T				R O C H A					PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICA O G E O L O G I C A	
					N° DE GOLPES P/30cm				GRAU DE FRATURAMENTO								I.D.R.
					INICIAL		FINAL										
					10	20	30	40	20	40	60	80	100				150
	29	35		35,00													
	29	39		36,00													
	30	35		37,00													
	30	39		38,00													
	28	34		39,00										38,80			ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA,DURA, CINZA (ALUMÃO).
	29	36		40,00										40,45			
LIMITE DE SONDAGEM DETALHES DA SONDAGEM TC - 0,00 - 4,00 RV - 4,00 LV - 4,45 - 40,00 NA - 9,00																	
												REL. N°	DES.				
												-					
												DATA	ESC.				
												19/07/2017	1/100				
												ENG°.	COORDENADA				
												RESP.	N. 9.047.474,205				
													E. 412.111,455				
												PROF.	COTA				
												40,45m	61,854				
												INICIO	FURO N°				
												05/07/2017	SP - 103				
												TERMINO					
												11/07/2017					
												VISTO					

FURO SP 104

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PRIMEIROS 30cm	SEGUNDOS 30cm	COTA E NA	PROFUNDIDADE COM RELACAO A BOCA DO FURO	S P T N° DE GOLPES P/30cm				R O C H A					PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAO GEOLOGICA	
					INICIAL		FINAL		GRAU DE FRATURAMENTO								I.O.R
					10	20	30	40									
					% DE RECUPERACAO DE TESTEMUNHO				0	5	10	15	20				
	12	19		1,00												ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, RIJA A DURA, AVERMELHADA (ALUVIAO).	
	15	23		2,00													
	7	12		3,00													
	10	13		4,00													
	13	16		5,00													
	13	16		6,00													
	10	12		7,00													
	10	10		8,00									7,80			AREIA FINA SILTOSA, POUCO ARGILOSA MEDIAMENTE COMPACTA A COMPACTA, AMARELA AVERMELHADA, (ALUVIAO).	
	13	20		9,00													
	8	9		10,00													
	28	23		11,00													
	18	24		12,00													
	11	16		13,00									12,70			ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, RIJA, CINZA AMARELA, (ALUVIAO).	
	12	14		14,00									13,60			AREIA FINA A MEDIA, POUCO ARGILOSA, MEDIAMENTE COMPACTA, CINZA (ALUVIAO).	
	11	13		15,00									14,95			ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, RIJA AVERMELHADA (ALUVIAO).	
	22	15		16,00									16,00			RIJA A DURA.	
	12	18		17,00									16,75			AREIA GROSSA ARGILOSA, POUCO SILTOSA, MEDIAMENTE COMPACTA A COMPACTA MARROM AMARELADA, (ALUVIAO).	
												REL. N°	DES.				
												DATA	ESC.				
												07/08/2017	1/100				
												ENG. RESP.	COORDENADA				
													N. 9.047.445,528				
													E. 412.129,130				
												PROF.	COTA				
												40,45m	70,777				
												INICIO	FURO N°				
												11/07/2017	SP - 104				
												TÉRMINO					
												15/07/2017					
												VISTO					

FURO SP 104

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PRIMEIROS 30cm	SEGUNDOS 30cm	COTA E NA	PROFUNDIDADE COM RELAÇÃO A BOCA DO FURO	S P T				R O C H A					PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAÇÃO GEOLOGICA	
					N° DE GOLPES P/30cm				GRAU DE FRATURAMENTO								I.Q.R.
					INICIAL		FINAL										
					10	20	30	40									50
% DE RECUPERAÇÃO DE TESTEMUNHO					20	40	60	80	0	5	10	15	20	00	50	0	
	28	34		35,00													
	31	36		36,00													
	30	32		37,00													
	31	34		38,00													
	35	39		39,00													
	32	36		40,00													
40,45																	
LIMITE DE SONDAAGEM DETALHES DA SONDAAGEM TC - 0,00 - 2,00 RV - 2,00 LV - 2,45 - 40,00 NA - 17,35																	
												REL. N°	DES.				
												DATA	ESC.				
												19/07/2017	1/100				
												ENG°.	COORDENADA				
												RESP.	N. 9.047.445,528				
													E. 412.129,130				
												PROF.	COTA				
												40,45m	70,777				
												INÍCIO	FURO N°				
												11/07/2017	SP - 104				
												TÉRMINO					
												15/07/2017					
												VISTO					

FURO SP 105

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PRIMEIROS 30cm	SEGUNDOS 30cm	COTA E NA	PROFUNDIDADE COM RELAÇÃO À BOCA DO FURO	S P T Nº DE GOLPES P/30cm				R O C H A					PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLÓGICO	DESCRICAÇÃO GEOLÓGICA	
					INICIAL		FINAL		GRAU DE FRATURAMENTO								LQR
					10	20	30	40									
					% DE RECUPERAÇÃO DE TESTEMUNHO				0	5	10	15	20				
			19/07/2017														
	12	19		1,00													ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, RIJA A DURA, AVERMELHADA (ALUVIÃO).
	17	26		2,00													
	16	20		3,00													
	14	22		4,00													
	14	20		5,00													
	12	16		6,00													
	11	14		7,00										6,85			AREIA FINA ARGLOSA, POUCO SILTOSA MEDIAMENTE COMPACTA, AVERMELHADA (ALUVIÃO).
	13	16		8,00													
	10	13		9,00													
	16	18		10,00										9,60			AREIA DE FINA A MEDIA SILTOSA, POUCO ARGLOSA COM PRESENÇA DE PEDREGULHOS FINOS (CANGA) MEDIAMENTE COMPACTA A COMPACTA, MARROM AMARELADA (ALUVIÃO).
	12	16		11,00													
	7	10		12,00													
	13	15		13,00													
	39	56		14,00										13,80			ARGILA SILTOSA, POUCO ARENOSA, DURA, AMARELA AVERMELHADA (ALUVIÃO).
	17	22		15,00													
	26	37		16,00													
	17	34		17,00										16,75			AREIA MEDIA A GROSSA SILTOSA, COMPACTA, AMARELA AVERMELHADA (ALUVIÃO).
															REL. N°	DES.	
															-		
															DATA	ESC.	
															07/08/2017	1/100	
															ENG. RESP.	COORDENADA	
																N. 9.047.432,664	
																E. 412.138,310	
															PROF.	COTA	
															40,45m	70,699	
															INÍCIO 15/07/2017	FURO N°	
															TÉRMINO 19/07/2017	SP - 105	
															VISTO		

FURO SP 105

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PRIMEIROS 30cm	SEGUNDOS 30cm	COTA E NA	PROFUNDIDADE COM RELAÇÃO A BOCA DO FURO	S P T				R O C H A		PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLÓGICO	DESCRICAÇÃO GEOLÓGICA	
					N° DE GOLPES P/30cm				GRAU DE FRATURAMENTO					I.D.R.
					INICIAL		FINAL		0 5 10 15 20	00 50 0				
					10	20	30	40						% DE RECUPERAÇÃO DE TESTEMUNHO
20	40	60	80											
	25	40		18,00										
	23	36		19,00										
	19	31		20,00										
	25	34		21,00										
	15	15		22,00										
	15	16		23,00						22,60		AREIA FINA ARGILOSA, POUCO SILTOSA MEDIAMENTE COMPACTA A COMPACTA, MARROM AMARELADA, (ALUVIÃO).		
	14	15		24,00										
	12	14		25,00										
	9	11		26,00										
	10	10		27,00										
	9	9		28,00										
	14	16		29,00										
	15	18		30,00										
	16	25		31,00										
	17	28		32,00										
	13	20		33,00										
	19	28		34,00										

REL. N°	DES.
-	
DATA	ESC.
19/07/2017	1/100
ENG°.	COORDENADA
RESP.	N. 9.047.432,664
	E. 412.138,310
PROF.	COTA
40,45m	70,699
INICIO 15/07/2017	FURO N°
TÉRMINO 19/07/2017	SP - 105
VISTO	

FURO SP 105

TIPO DE AVANÇO E REVESTIMENTO	PRIMEIROS 30cm	SEGUNDOS 30cm	COTA E NA	PROFUNDIDADE COM RELACAO A BOCA DO FURO	S P T				R O C H A					PROFUNDIDADE DAS PASSAGENS	PERFIL GEOLOGICO	DESCRICAO GEOLOGICA	
					N° DE GOLPES P/30cm				GRAU DE FRATURAMENTO								L.Q.R
					INICIAL		FINAL										
					10	20	30	40									
% DE RECUPERACAO DE TESTEMUNHO																	
				20	40	60	80	0	5	10	15	20	00	50	0		
	26	31		35,00													
	31	35		36,00													
	35	42		37,00										37,00			COMPACTA A MUITO COMPACTA.
	33	37		38,00													
	35	41		39,00													
	33	39		40,00										40,45			
LIMITE DE SONDAAGEM																	
DETALHES DA SONDAAGEM																	
TC - 0,00 - 2,00																	
RV - 12,00																	
LV - 2,45 - 40,00																	
NA - -																	

REL. N°	DES.
-	
DATA	ESC.
19/07/2017	1/100
ENG. RESP.	COORDENADA
	N. 9.047.432,664
	E. 412.138,310
PROF.	COTA
40,45m	70,699
INICIO 15/07/2017	FURO N° SP - 105
TERMINO 19/07/2017	
VISTO	



Cliente: Geobrasileira
 Obra: Terminal de Grãos PortoChuello - AMAGGI
 Local: Porto Velho

Revestimento		Método cravação	Cota relação R.N.	Cota do N.A.	Amostraz	Índice de SPT inicial/30cm	Índice SPT final/30cm	Amostraz	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem		N° 00307-0001	
2.0										Furo SP 01	Cota 0,00	30 cm finais 30 cm iniciais	
SPT - Standard Penetration Test										Camadas - Classificação dos solos			
						1	13	15	0,60	Aterro - Argila com pizarras avermelhada.			
						2	15	17		Solo natural - Argila de cor amarelada e avermelhada com fragmentos de laterita. Consistência: rija.			
						3	13	17					
						4	11	17	3,80				
			-5			5	11	16		Argila pouco arenosa de cor avermelhada. Consistência: rija.			
						6	11	15	6,00				
						7	11	12		Areia fina pouco argilosa de cor amarelada. Compacidade: medianamente compacta.			
						8	10	10	8,00				
						9	9	12					
						10	10	15		Areia fina pouco argilosa de cor avermelhada. Compacidade: medianamente compacta.			
						11	7	9					
						12	10	14					
						13	10	15	12,60				
						14	7	12					
						15	10	13					
						16	10	13		Silte argiloso de cor variegada com blocos de laterita. Consistência: rija.			
						17	10	13					
						18	10	15					
						19	8	12	18,80				
						20	13	15		Areia fina e média de cor variegada. Compacidade: medianamente compacta.			
						21	11	13	21,00				
						22	14	17					
						23	14	17					
						24	15	19					
						25	16	21					
						26	13	18					
						27	13	17		Areia fina e média silteosa de cor amarelada. Compacidade: medianamente compacta a compacta.			
						28	18	22					
						29	18	22					
						30	21	27					
						31	21	29					
						32	21	29					
						33	22	32					
						34	18	20	33,60				
						35	18	21					
						36	20	23		Silte arenoso de cor avermelhado. Compacidade: compacta.			
						37	20	25					
						38	22	28	38,00				
Nível d'água					Amostrador					Revestimento Ø 0 3 "		Data de execução	
Inicial	21,40	m	06/12/2014	Ø interno 35 mm					Peso	65,0	kg	Início 06/12/2014	
Final	21,20	m	09/12/2014	Ø externo 51 mm					Altura de queda	75,0	cm	término 09/12/2014	
Obs: Não foi possível recuperar as amostras nos metros 28 à 33. Batida com saca tubo.													
Sondador	Francisco Loreto			Engº	Daniel Damasceno					12/12/2014 Folha 01			



Cliente: Geobrasileira
 Obra: Terminal de Grãos PortoChuello - AMAGGI
 Local: Porto Velho

Revestimento		Método cravaggio	Cota relação P.N.	Cota do N.A.	Amostras	Índice de SPT Iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem N° 00307-0003	
2,0										Furo SP 03	Cota 49,25
										SPT - Standart Penetration Test	
										Camadas - Classificação dos solos	
						5	7			Solo natural - Argila arenosa de cor escura. Consistência: média a rija.	
						5	7				
						7	9				
						7	6				
						5	4				
						4	4				
						4	4				
						4	4				
						3	4				
						3	4				
						4	5				
						5	7				
						11	15		12,50	Areia fina argilosa de cor amarelada. Compacidade: medianamente compacta a compacta.	
						13	18				
						13	19				
						15	21				
						15	21				
						16	24		18,00		
						17	18				
						18	20				
						18	20				
						22	27				
						21	26				
						21	25				
						22	25			Silte arenoso de cor avermelhado. Compacidade: medianamente compacta a compacta.	
						24	30				
						23	31				
						25	32				
						27	32				
						27	32				
						26	32				
						23	29				
						22	27				
						22	27		33,00		
						22	28				
						25	32				
						25	32			Areia fina pouco argilosa de cor amarelada. Compacidade: compacta.	
						28	38				
									38,00		
Nível d'água		Amostrador		Revestimento Ø 0 3 "		Data de execução					
Inicial	0,20 m	06/12/2014	Ø interno	35 mm	Peso	65,0 kg	Início		29/11/2014		
Final	0,00 m	09/12/2014	Ø externo	51 mm	Altura de queda	75,0 cm	término		01/12/2014		
Obs: Não foi possível recuperar as amostras nos metros 10 a 12.											
Sondador	Francisco Loreto		Eng°	Daniel Damasceno		15/12/2014		Folha		01	

Revestimento		Método cravado	Cota relação R.N.	Cota do N.A.	Amostras	Índice de SPT Iniciais 30cm	Índice SPT fines 30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem		N° 00307-0004		
										Furo SP 04	Cota 41,30			
										SPT - Standard Penetration Test				
										Camadas - Classificação dos solos				
			36,3		1	5	7			Areia fina argilosa de cor preta. Compacidade: Pouco compacta à compacta.				
					2	5	7							
					3	5	6							
					4	17	22		4,00					
					5	15	16		4,80	Areia grossa cor variegada. Compacidade: *MdC				
					6	15	16							
					7	15	17			Areia grossa e média de cor amarelada. Compacidade: Medianamente compacta.				
					8	16	17							
					9	16	17							
					10	14	15							
			31,3		11	11	13		11,00	Areia fina argilosa de cor preta. Compacidade: Medianamente compacta à Fofa.				
					12	7	9							
					13	6	7							
					14	5	3							
			26,3		15	1	0			Areião de cor variegada. Compacidade: Medianamente compacta.				
					16	1	0							
					17	1	0							
					18	1	0							
					19	11	13		18,50	Areia fina argilosa de cor amarelada. Compacidade: Medianamente compacta à compacta.				
					20	12	16							
					21	14	18		21,00					
					22	14	18							
					23	16	19			Silte arenoso de cor avermelhada. Compacidade: Medianamente compacta à compacta.				
					24	16	19							
					25	17	19							
					26	18	22							
			16,3		27	19	25							
					28	15	16		27,60					
					29	15	17							
					30	22	30							
					31	22	31							
					32	22	31							
					33	22	31							
					34	18	25							
					35	20	28							
					36	21	29							
					37	23	31							
					38	24	32		38,00					
Nível d'água		Amostrador		Revestimento Ø 0 3 "		Data de execução								
Inicial	0,00 m	Ø interno	35 mm	Peso	65,0 kg	Início 24/11/2014								
Final	0,00 m	Ø externo	51 mm	Altura de queda	75,0 cm	término 28/11/2014								
Obs: Lam. d'água: 7,95 / Amostras 18 a 20 não recuperadas. *MdC - Medianamente compacta / Cota da lâmina d'água: 49,25.														
Sondador	Francisco Loreto		Eng°	Daniel Damasceno		12/12/2014		Folha	01					



Cliente: Geobrasileira
 Obra: Terminal de Grãos PortoChuello - AMAGGI
 Local: Porto Velho

Revestimento		Método cravação	Cota relação R. N.	Cota do N.A.	Amostras	Índice de SPT iniciais/30cm	Índice SPT finais/30cm	Amostras	Prof. Camadas (m)	Relatório de Sondagem		Nº 00307-0004				
										Furo	SP 04	Cota	41,30			
										SPT - Standard Penetration Test						
										Camadas - Classificação dos solos						
												30 cm finais				
												30 cm iniciais				
												10	20	30	40	50
			36,3		38	25	35			Silte arenoso de cor avermelhada. Compacidade: Compacta à muito compacta.						
					40	26	38									
					41	29	40									
					42	29	42									
					43	29	44									
					44	30	45									
					45	32	46		45,45							
										↑ Término do furo						
			31,3													
			26,3													
			21,3													
			16,3													
			11,3													
			6,3													
Nível d'água		Amostrador		Revestimento Ø 0 3 "		Data de execução										
Inicial	0,00 m	Ø interno	35 mm	Peso	65,0 kg	Início 24/11/2014										
Final	0,00 m	Ø externo	51 mm	Altura de queda	75,0 cm	término 28/11/2014										
Obs:																
Sondador	Francisco Loreto		Engº	Daniel Damasceno		12/12/2014		Folha	02							

ANEXO II - ENSAIOS DE LABORATÓRIO

1. ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

AMOSTRA SP 301 – AM 3 M

Profundidade: 7,10 a 7,80m

UMIDADE HIGROSCÓPICA			
Cápsula no. (g.)	178	250	280
Solo úmido + tara (g.)	88,05	84,16	81,51
Solo seco + tara (g.)	87,53	83,70	81,06
Tara da capsula (g.)	11,68	13,32	10,92
Água (g.)	0,52	0,46	0,45
Solo Seco (g.)	75,85	70,38	70,14
Teor de umidade (%)	0,7	0,7	0,6
Umidade Média (%)	0,7		

AMOSTRA TOTAL SECA	
Amostra Total Úmida (g)	1.001,70
Solo Seco retido na # 10 (g)	0,00
Solo Úmido passa na # 10 (g)	1.001,70
Solo Seco passa na # 10 (g)	995,13
Amostra Total Seca (g)	995,13

AMOSTRA PARCIAL SECA	
Amostra menor #10 úmida (g)	70,00
Amostra menor #10 seca (g)	69,54
Limite de Liquidez	24,2
Índice de Plasticidade	7,0

MASSA ESPECÍFICA REAL		
Picnômetro. nº	23	24
Temperatura (°c)	17,1	17,1
Pic.+ água + solo (g)	700,57	707,47
Solo úmido(g)	50,00	50,00
Solo Seco (g)	49,67	49,67
Pic.+ água (g)	669,05	675,86
Água Deslocada (g)	18,15	18,06
Teor de umidade (%)	0,7	
Massa Especifica (H2O)	0,9988	0,9988
Massa Especifica Real	2,734	2,747
ρ [g/cm ³]	2,741	

PENEIRAMENTO						
PENEIRAS		MATERIAL RETIDO			% QUE	
A.B.N.T.		Peso	P.acumul	%	PASSA:amostra	Faixa
N.º	mm.	(gr.)	(gr.)	acumul	total	
4"	101,8					
3 .1/2 "	88,9					
3"	76,2					
2 .1/2 "	63,5					
2"	50,8					
1.1/2 "	38,1					
1"	25,4					
3/4 "	19					
1/2 "	12,7					
3/8"	9,5					
1/4"	6,3					
4	4,8					
8	2,4					
10	2				100,0	
16	1,2	0,00			100,0	
30	0,6	0,00			100,0	
40	0,42	0,00			100,0	
60	0,25	0,08	0,1	0,1	99,9	
100	0,15	0,19	0,3	0,4	99,6	
200	0,075	7,50	7,8	11,2	88,8	

Densímetro n.º	02
----------------	----

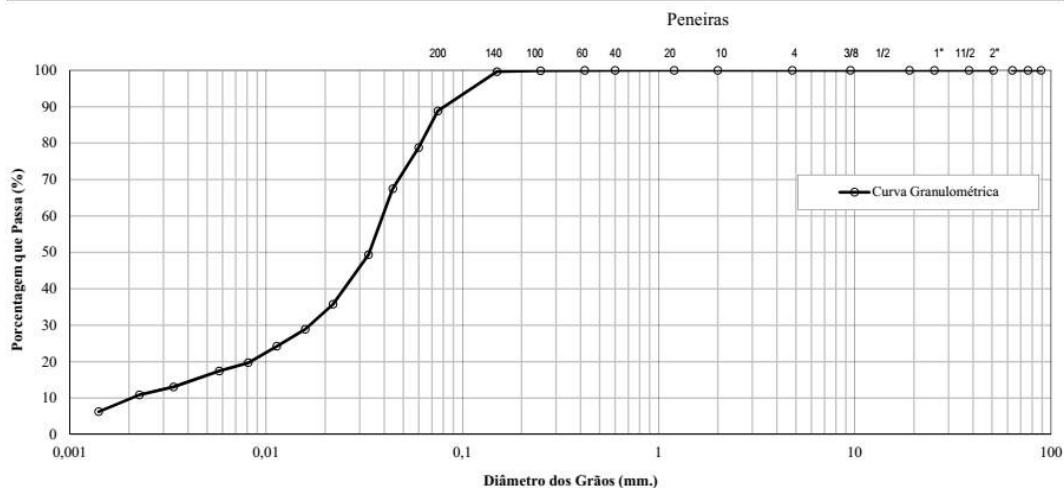
$$K = \frac{\delta}{\delta - 1} = 1,575$$

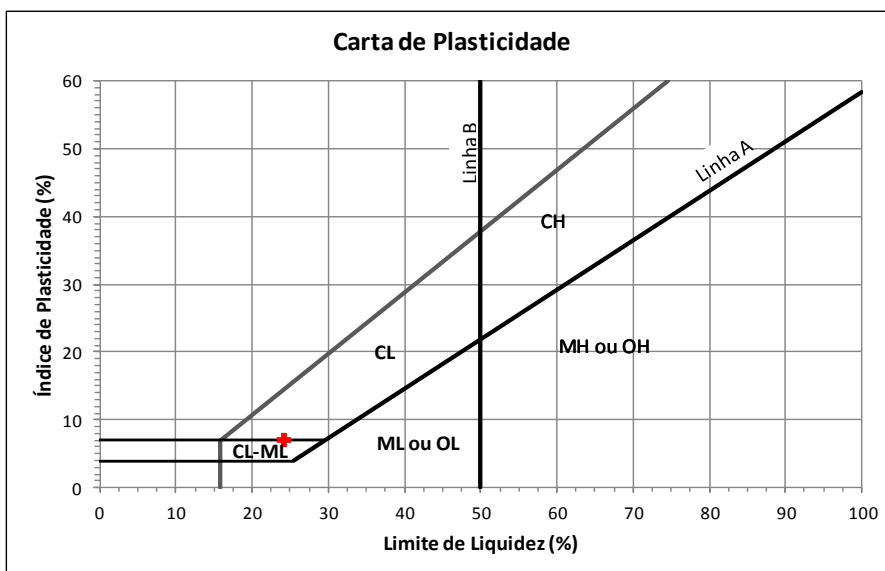
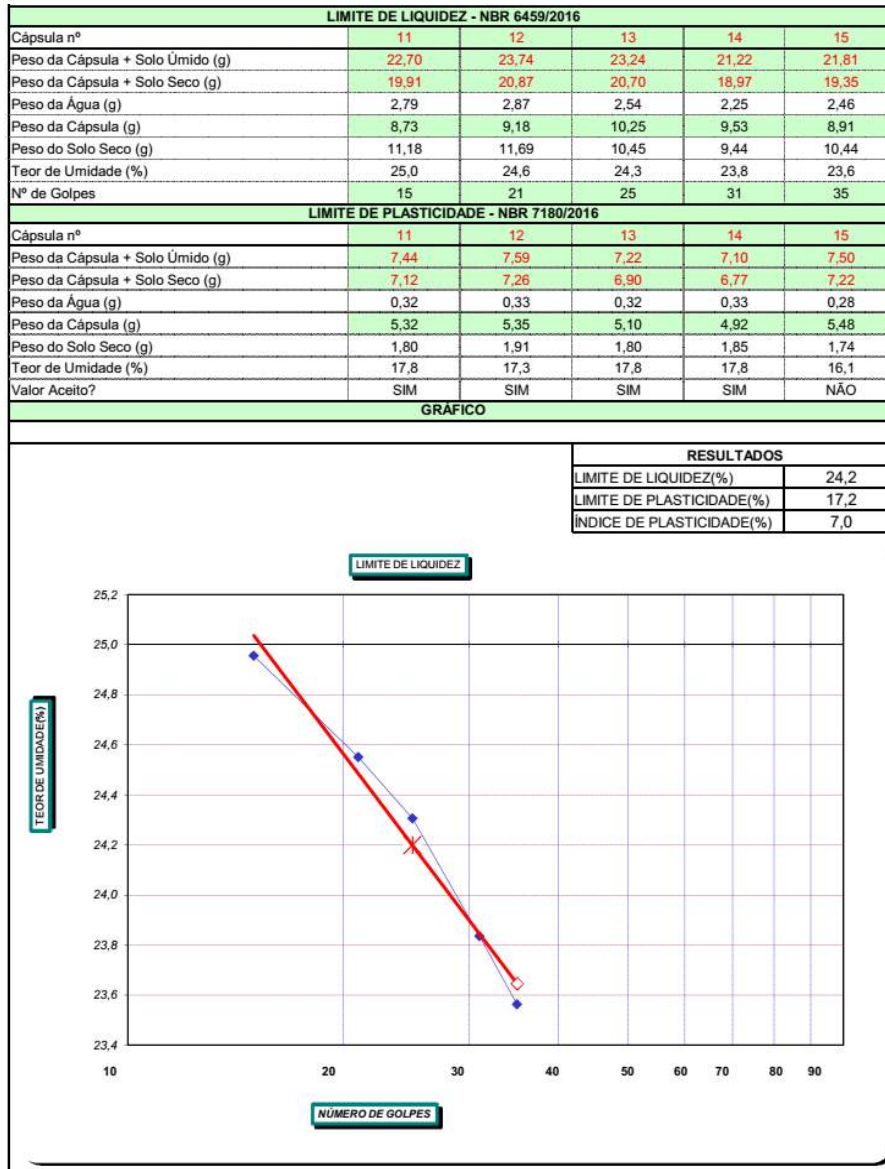
$$\% \text{ da amostra parcial} = A \times K \times LC$$

A =	0,0144
-----	--------

SEDIMENTAÇÃO COM DEFLOCULANTE												
Data	Temp. °c	Tempo min.	horário h	Leit. (L)	Correções			Leit. corrig.	Altura de Queda	% parcial	% total	f mm
					temperatura	menisco	defloculante					
01/06/2018	19,9	0,5	8:40	40,0	-3,7	0,5	-2,0	34,8	10,4	78,8	78,8	0,0598
01/06/2018	19,9	1	8:41	35,0	-3,7	0,5	-2,0	29,8	11,2	67,5	67,5	0,0442
01/06/2018	19,9	2	8:42	27,0	-3,7	0,5	-2,0	21,8	12,5	49,4	49,4	0,0332
01/06/2018	19,9	5	8:45	21,0	-3,7	0,5	-2,0	15,8	13,5	35,8	35,8	0,0219
01/06/2018	19,8	10	8:50	18,0	-3,7	0,5	-2,0	12,8	14,0	28,9	28,9	0,0158
01/06/2018	19,6	20	9:00	16,0	-3,8	0,5	-2,0	10,7	14,4	24,2	24,2	0,0113
01/06/2018	19,6	40	9:20	14,0	-3,8	0,5	-2,0	8,7	14,7	19,7	19,7	0,0081
01/06/2018	19,6	80	10:00	13,0	-3,8	0,5	-2,0	7,7	14,9	17,4	17,4	0,0058
01/06/2018	19,8	240	12:40	11,0	-3,7	0,5	-2,0	5,8	15,2	13,1	13,1	0,0034
01/06/2018	19,9	540	16:40	10,0	-3,7	0,5	-2,0	4,8	15,4	10,9	10,9	0,0023
02/06/2018	19,8	1440	8:40	8,0	-3,7	0,5	-2,0	2,8	15,7	6,3	6,3	0,0014

Tipo	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila
% total	0,0	0,0	0,3	20,8	69,4	9,5
% total	0,0		21,1		69,4	9,5





AMOSTRA SP 301 – AM 6 M

Profundidade: 10,10 a 10,80m

UMIDADE HIGROSCÓPICA			
Cápsula no. (g.)	126	139	154
Solo úmido + tara (g.)	99,12	79,98	91,16
Solo seco + tara (g.)	98,70	79,67	90,81
Tara da cápsula (g.)	13,19	12,82	14,73
Água (g.)	0,42	0,31	0,35
Solo Seco (g.)	85,51	66,85	76,08
Teor de umidade (%)	0,5	0,5	0,5
Umidade Média (%)	0,5		

AMOSTRA TOTAL SECA	
Amostra Total Úmida (g)	463,62
Solo Seco retido na # 10 (g)	0,00
Solo Úmido passa na # 10 (g)	463,62
Solo Seco passa na # 10 (g)	461,44
Amostra Total Seca (g)	461,44

AMOSTRA PARCIAL SECA	
Amostra menor #10 úmida (g)	70,00
Amostra menor #10 seca (g)	69,67
Limite de Liquidez	29,6
Índice de Plasticidade	11,8

MASSA ESPECÍFICA REAL		
Picnômetro. n°	17	18
Temperatura (°c)	17,1	17,1
Pic. + água + solo (g)	764,10	754,93
Solo úmido (g)	50,00	50,00
Solo Seco (g)	49,77	49,77
Pic. + água (g)	732,43	723,29
Água Deslocada (g)	18,09	18,12
Teor de umidade (%)	0,5	
Massa Específica (H2O)	0,9988	0,9988
Massa Específica Real	2,748	2,743
ρ [g/cm ³]	2,745	

PENEIRAMENTO						
PENEIRAS		MATERIAL RETIDO			% QUE	
A.B.N.T.		Peso	P.acumul	%	PASSA: amostra	Faixa
N.º	mm.	(gr.)	(gr.)	acumul	total	
4"	101,8					
3.1/2"	88,9					
3"	76,2					
2.1/2"	63,5					
2"	50,8					
1.1/2"	38,1					
1"	25,4					
3/4"	19					
1/2"	12,7					
3/8"	9,5					
1/4"	6,3					
4	4,8					
8	2,4					
10	2				100,0	
16	1,2	0,00			100,0	
30	0,6	0,00			100,0	
40	0,42	0,00			100,0	
60	0,25	0,04	0,0	0,1	99,9	
100	0,15	0,11	0,2	0,2	99,8	
200	0,075	0,51	0,7	0,9	99,1	

Densímetro n.º	02
----------------	----

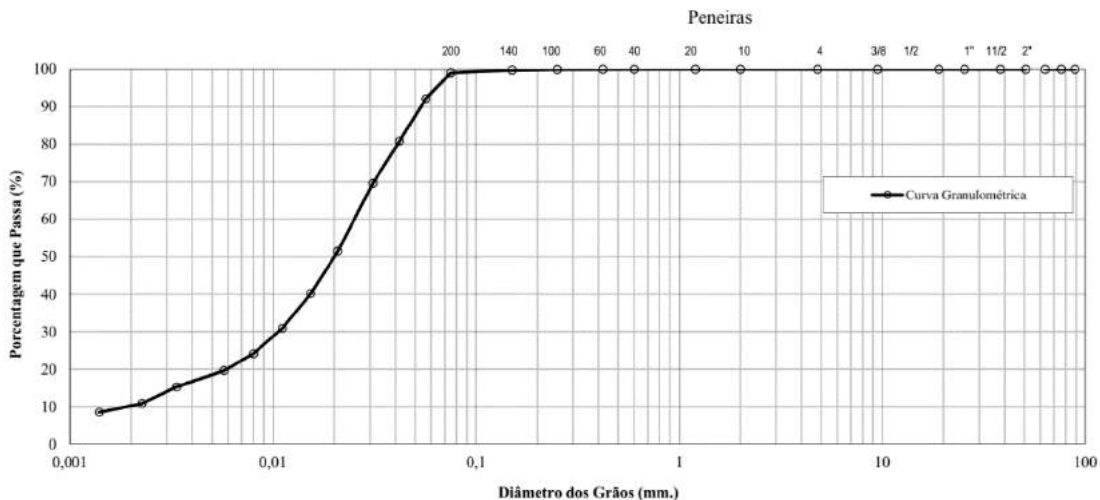
$$K = \frac{\delta}{\delta - 1} = 1,573$$

$$\% \text{ da amostra parcial} = A \times K \times LC$$

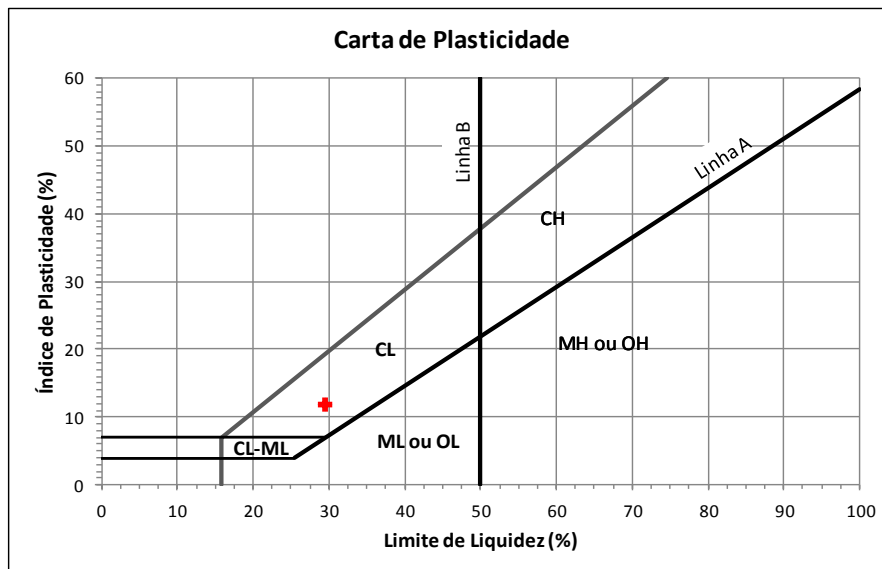
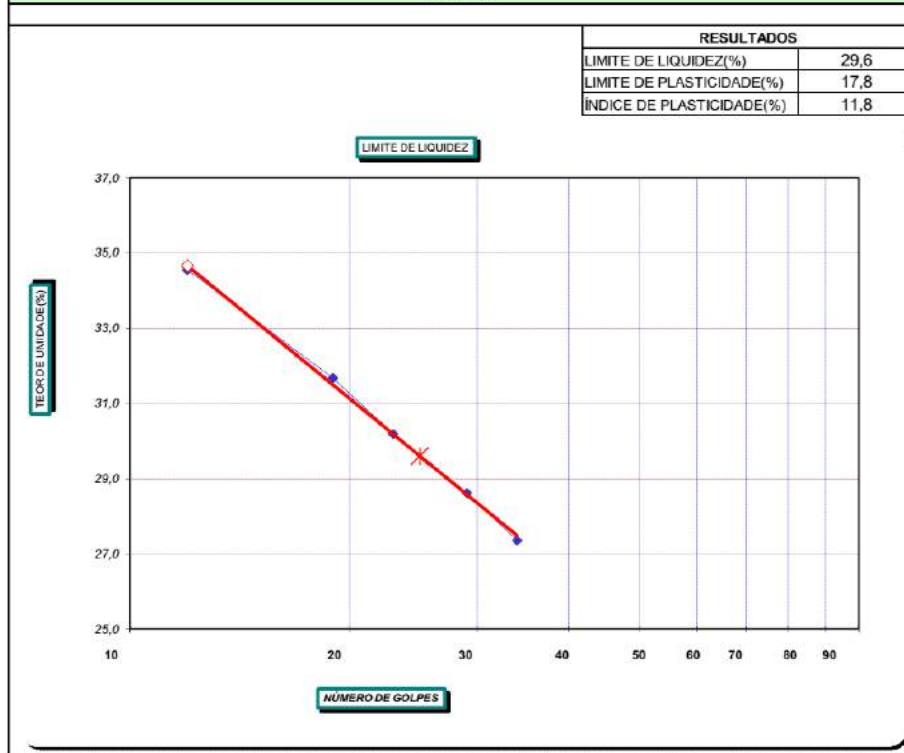
$$A = 0,0144$$

SEDIMENTAÇÃO COM DEFLOCULANTE												
Data	Temp. °c	Tempo min.	horário h	Leit. (L)	Correções			Leit. corrig.	Altura de Queda	% parcial	% total	f mm
					temperatura	menisco	defloculante					
01/06/2018	19,9	0,5	8:47	46,0	-3,7	0,5	-2,0	40,8	9,4	92,1	92,1	0,0564
01/06/2018	19,9	1	8:48	41,0	-3,7	0,5	-2,0	35,8	10,2	80,8	80,8	0,0419
01/06/2018	19,9	2	8:49	36,0	-3,7	0,5	-2,0	30,8	11,1	69,5	69,5	0,0309
01/06/2018	19,9	5	8:52	28,0	-3,7	0,5	-2,0	22,8	12,4	51,5	51,5	0,0208
01/06/2018	19,8	10	8:57	23,0	-3,7	0,5	-2,0	17,8	13,2	40,1	40,1	0,0153
01/06/2018	19,6	20	9:07	19,0	-3,8	0,5	-2,0	13,7	13,9	30,9	30,9	0,0111
01/06/2018	19,6	40	9:27	16,0	-3,8	0,5	-2,0	10,7	14,4	24,2	24,2	0,0080
01/06/2018	19,6	80	10:07	14,0	-3,8	0,5	-2,0	8,7	14,7	19,7	19,7	0,0057
01/06/2018	19,8	240	12:47	12,0	-3,7	0,5	-2,0	6,8	15,0	15,3	15,3	0,0033
01/06/2018	19,9	540	16:47	10,0	-3,7	0,5	-2,0	4,8	15,4	10,8	10,8	0,0023
02/06/2018	19,8	1440	8:47	9,0	-3,7	0,5	-2,0	3,8	15,5	8,5	8,5	0,0014

Tipo	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila
% total	0,0	0,0	0,1	6,4	83,3	10,2
% total	0,0		6,5		83,3	10,2



LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR 6459/2016					
Cápsula nº	56	57	58	59	60
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g)	26,27	27,80	24,70	27,26	25,09
Peso da Cápsula + Solo Seco (g)	22,75	23,72	21,28	22,85	21,11
Peso da Água (g)	3,52	4,08	3,42	4,31	3,98
Peso da Cápsula (g)	9,88	9,46	9,95	9,34	9,59
Peso do Solo Seco (g)	12,87	14,26	11,33	13,61	11,52
Teor de Umidade (%)	27,4	28,6	30,2	31,7	34,5
Nº de Golpes	34	29	23	19	12
LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR 7180/2016					
Cápsula nº	56	57	58	59	60
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g)	7,01	6,56	6,97	6,48	6,27
Peso da Cápsula + Solo Seco (g)	6,80	6,36	6,78	6,30	6,10
Peso da Água (g)	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17
Peso da Cápsula (g)	5,62	5,24	5,60	5,28	5,03
Peso do Solo Seco (g)	1,18	1,12	1,18	1,02	1,07
Teor de Umidade (%)	17,8	17,9	16,1	17,6	15,9
Valor Azeite?	SIM	SIM	NÃO	SIM	NÃO



AMOSTRA SP 302 – AM 3 M

Profundidade: 3,0 a 3,80m

UMIDADE HIGROSCÓPICA			
Cápsula no. (g)	77	141	245
Solo úmido + tara (g)	95,44	105,03	102,79
Solo seco + tara (g)	94,80	104,33	102,12
Tara da cápsula (g)	10,98	13,01	12,15
Água (g)	0,64	0,70	0,67
Solo Seco (g)	83,82	91,32	89,97
Teor de umidade (%)	0,8	0,8	0,7
Umidade Média (%)	0,8		

AMOSTRA TOTAL SECA	
Amostra Total Úmida (g)	712,96
Solo Seco retido na # 10 (g)	0,00
Solo Úmido passa na # 10 (g)	712,96
Solo Seco passa na # 10 (g)	707,59
Amostra Total Seca (g)	707,59

AMOSTRA PARCIAL SECA	
Amostra menor #10 úmida (g)	70,00
Amostra menor #10 seca (g)	69,47
Limite de Liquidez	25,1
Índice de Plasticidade	7,8

MASSA ESPECÍFICA REAL		
Picnômetro, nº	15	16
Temperatura (°C)	17,1	17,1
Pic.+ água + solo (g)	671,43	652,06
Solo úmido(g)	50,00	50,00
Solo Seco (g)	49,62	49,62
Pic.+ água (g)	639,88	620,53
Água Deslocada (g)	18,07	18,10
Teor de umidade (%)	0,8	
Massa Específica (H2O)	0,9988	0,9988
Massa Específica Real	2,743	2,739
ρ [g/cm ³]	2,741	

PENEIRAMENTO						
PENEIRAS		MATERIAL RETIDO			% QUE	
A.B.N.T.		Peso	P.acumul	%	PASSA:amostra	Faixa
N.o.	mm.	(gr.)	(gr.)	acumul	total	
4"	101,8					
3.1/2"	88,9					
3"	76,2					
2.1/2"	63,5					
2"	50,8					
1.1/2"	38,1					
1"	25,4					
3/4"	19					
1/2"	12,7					
3/8"	9,5					
1/4"	6,3					
4	4,8					
8	2,4					
10	2				100,0	
16	1,2	0,02	0,0	0,0	100,0	
30	0,6	0,00	0,0	0,0	100,0	
40	0,42	0,00	0,0	0,0	100,0	
60	0,25	0,04	0,1	0,1	99,9	
100	0,15	0,36	0,4	0,6	99,4	
200	0,075	8,70	9,1	13,1	86,9	

Densímetro n.º	02
----------------	----

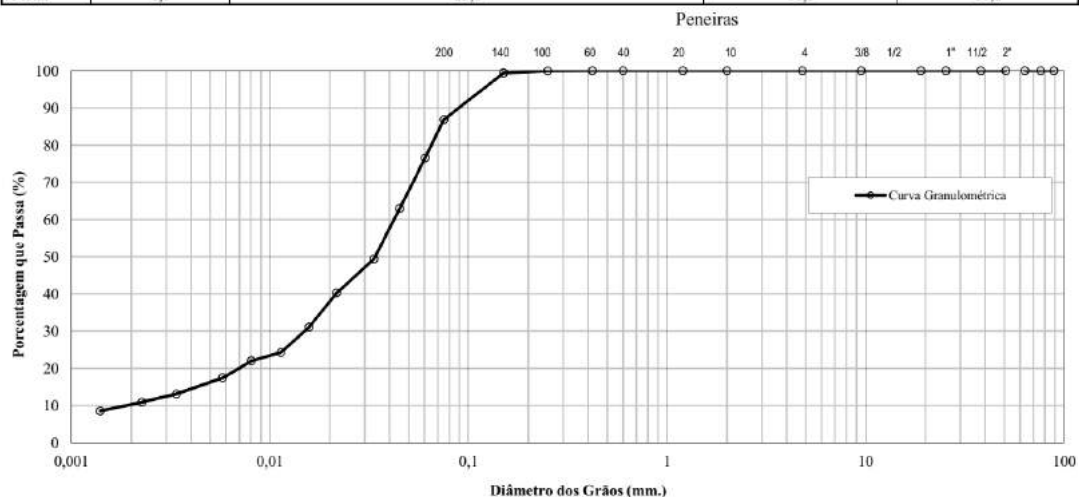
$$K = \frac{\delta}{\delta - 1} = 1,574$$

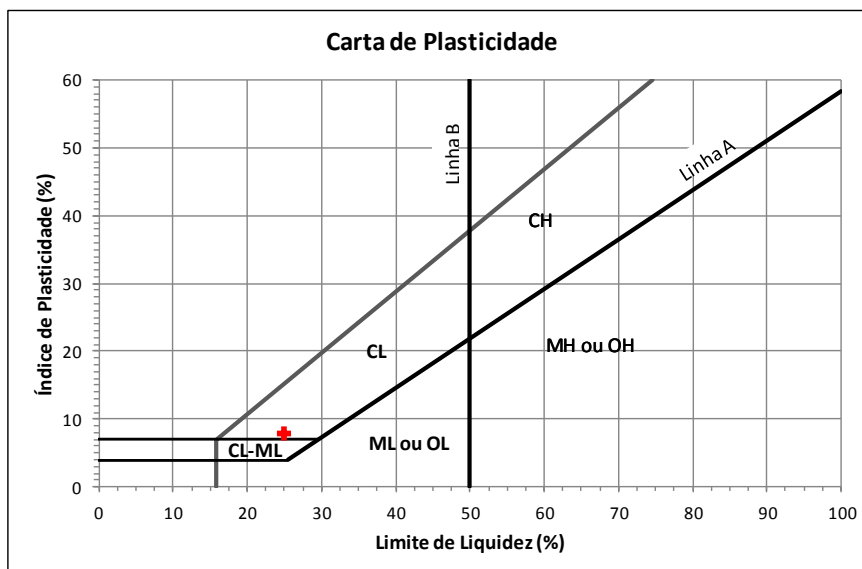
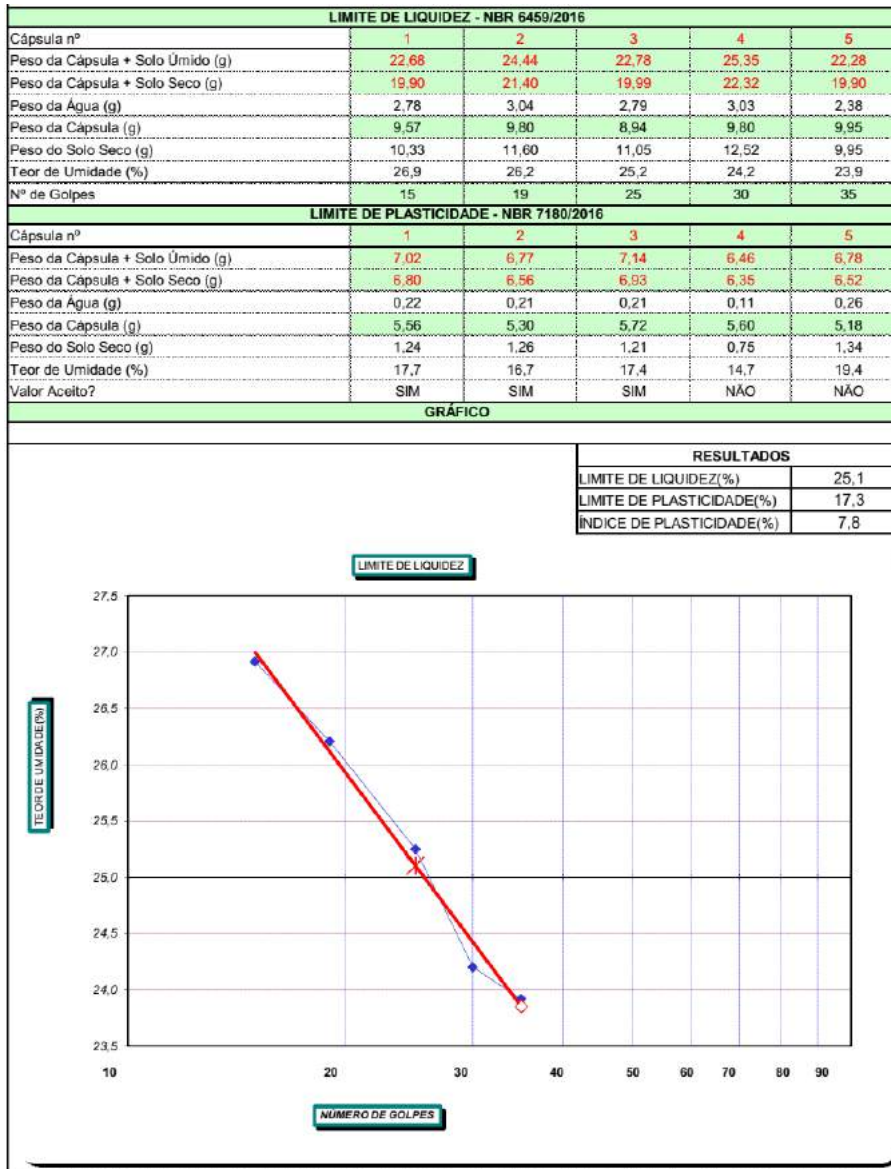
$$\% \text{ da amostra parcial} = A \times K \times LC$$

$$A = 0,0144$$

SEDIMENTAÇÃO COM DEFLOCULANTE												
Data	Temp. °C	Tempo min.	horário	Leit. (L)	Correções			Leit. corrig.	Altura de Queda	% parcial	% total	f mm
					temperatura	menisco	defloculante					
01/06/2018	19,8	0,5	8:54	39,0	-3,7	0,5	-2,0	33,8	10,6	76,5	76,5	0,0604
01/06/2018	19,8	1	8:55	33,0	-3,7	0,5	-2,0	27,8	11,6	62,9	62,9	0,0449
01/06/2018	19,8	2	8:56	27,0	-3,7	0,5	-2,0	21,8	12,5	49,3	49,3	0,0333
01/06/2018	19,8	5	8:59	23,0	-3,7	0,5	-2,0	17,8	13,2	40,3	40,3	0,0216
01/06/2018	19,6	10	9:04	19,0	-3,8	0,5	-2,0	13,7	13,9	31,1	31,1	0,0157
01/06/2018	19,6	20	9:14	16,0	-3,8	0,5	-2,0	10,7	14,4	24,3	24,3	0,0113
01/06/2018	19,6	40	9:34	15,0	-3,8	0,5	-2,0	9,7	14,5	22,0	22,0	0,0081
01/06/2018	19,6	80	10:14	13,0	-3,8	0,5	-2,0	7,7	14,9	17,5	17,5	0,0058
01/06/2018	19,8	240	12:54	11,0	-3,7	0,5	-2,0	5,8	15,2	13,1	13,1	0,0034
01/06/2018	19,9	540	16:54	10,0	-3,7	0,5	-2,0	4,8	15,4	10,9	10,9	0,0023
02/06/2018	19,8	1440	8:54	9,0	-3,7	0,5	-2,0	3,8	15,5	8,5	8,5	0,0014

Tipo	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silt	Argila
% total	0,0	0,0	0,3	23,5	66,0	10,2
% total	0,0	23,8		66,0		10,2





AMOSTRA SP 302 – AM 6 M

Profundidade: 9,90 a 10,6m

UMIDADE HIGROSCÓPICA			
Cápsula no. (g.)	77	174	245
Solo úmido + tara (g.)	80,59	84,20	89,78
Solo seco + tara (g.)	80,29	83,90	89,49
Tara da capsula (g.)	10,98	12,02	12,15
Água (g.)	0,30	0,30	0,29
Solo Seco (g.)	69,31	71,88	77,34
Teor de umidade (%)	0,4	0,4	0,4
Umidade Média (%)	0,4		

AMOSTRA TOTAL SECA	
Amostra Total Úmida (g)	737,03
Solo Seco retido na # 10 (g)	0,00
Solo Úmido passa na # 10 (g)	737,03
Solo Seco passa na # 10 (g)	734,03
Amostra Total Seca (g)	734,03

AMOSTRA PARCIAL SECA	
Amostra menor #10 úmida (g)	70,00
Amostra menor #10 seca (g)	69,72
Limite de Liquidez	32,9
Índice de Plasticidade	18,0

MASSA ESPECÍFICA REAL	
Pichnômetro. nº	23 24
Temperatura (°c)	18,9 19,1
Pic.+ água + solo (g)	700,76 707,65
Solo úmido(g)	50,00 50,00
Solo Seco (g)	49,80 49,80
Pic.+ água (g)	668,77 675,59
Água Deslocada (g)	17,81 17,74
Teor de umidade (%)	0,4
Massa Especifica (H2O)	0,9985 0,9984
Massa Especifica Real	2,792 2,803
ρ [g/cm ³]	2,798

PENEIRAMENTO						
PENEIRAS		MATERIAL RETIDO			% QUE	
A.B.N.T.		Peso	P.acumul	%	PASSA:amostra	Faixa
N.o.	mm.	(gr.)	(gr.)	acumul	total	
4"	101,9					
3.1/2"	88,9					
3"	76,2					
2.1/2"	63,5					
2"	50,8					
1.1/2"	38,1					
1"	25,4					
3/4"	19					
1/2"	12,7					
3/8"	9,5					
1/4"	6,3					
4	4,8					
8	2,4					
10	2				100,0	
16	1,2	0,01	0,0	0,0	100,0	
30	0,6	0,03	0,0	0,1	99,9	
40	0,42	0,02	0,1	0,1	99,9	
60	0,25	0,08	0,1	0,2	99,8	
100	0,15	0,08	0,2	0,3	99,7	
200	0,075	0,31	0,5	0,8	99,2	

Densímetro n.º	02
----------------	-----------

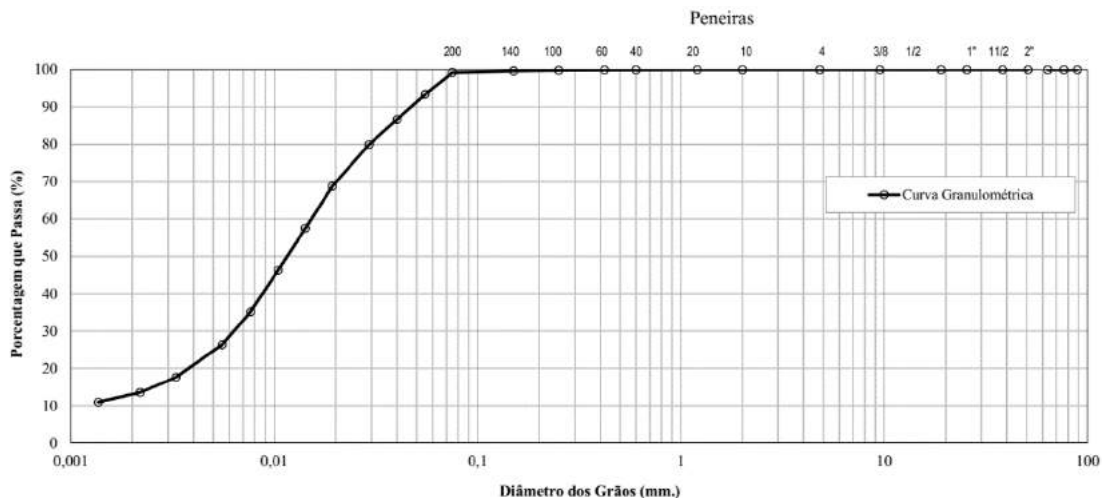
$$K = \frac{\delta}{\delta - 1} = 1,556$$

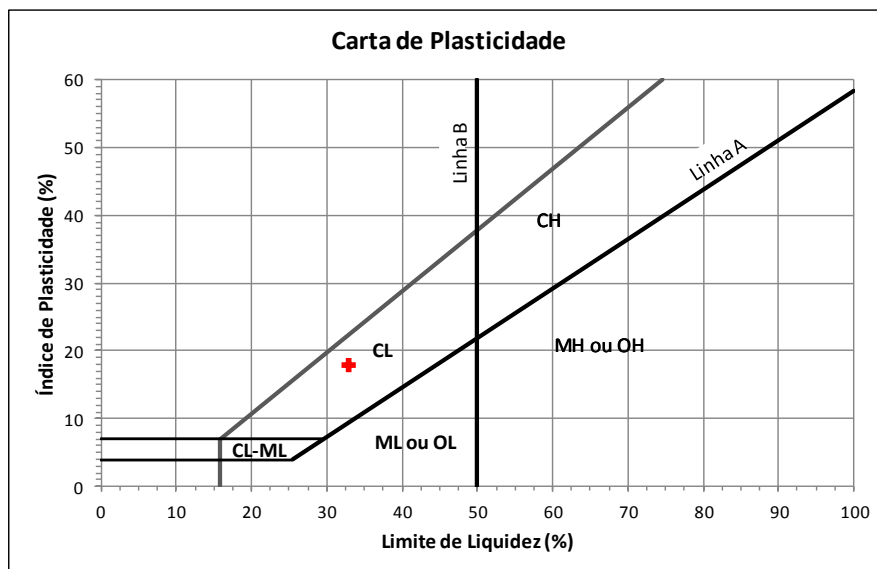
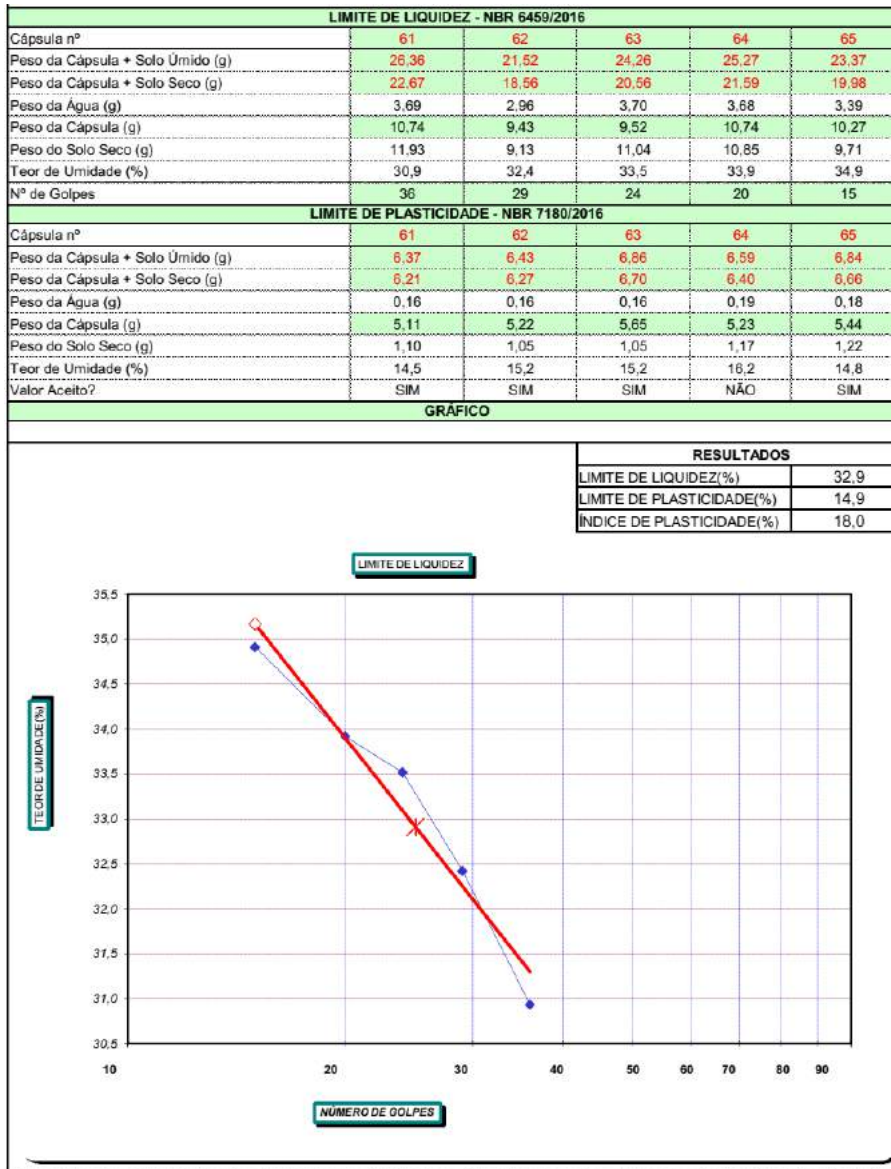
$$\% \text{ da amostra parcial} = A \times K \times LC$$

A =	0,0143
-----	---------------

SEDIMENTAÇÃO COM DEFLOCULANTE												
Data	Temp. °c	Tempo min.	horário h	Leit. (L)	Correções			Leit. corrig	Altura de Queda	% parcial	% total	f mm
					temperatura	menisco	defloculante					
05/06/2018	20,0	0,5	9:22	47,0	-3,7	0,5	-2,0	41,8	9,2	93,4	93,4	0,0550
05/06/2018	20,0	1	9:23	44,0	-3,7	0,5	-2,0	38,8	9,7	86,7	86,7	0,0401
05/06/2018	20,0	2	9:24	41,0	-3,7	0,5	-2,0	35,8	10,2	80,0	80,0	0,0292
05/06/2018	20,0	5	9:27	36,0	-3,7	0,5	-2,0	30,8	11,0	68,8	68,8	0,0193
05/06/2018	19,8	10	9:32	31,0	-3,7	0,5	-2,0	25,8	11,9	57,5	57,5	0,0142
05/06/2018	19,7	20	9:42	26,0	-3,7	0,5	-2,0	20,7	12,7	46,3	46,3	0,0104
05/06/2018	19,7	40	10:02	21,0	-3,8	0,5	-2,0	15,7	13,5	35,1	35,1	0,0076
05/06/2018	19,9	80	10:42	17,0	-3,7	0,5	-2,0	11,8	14,2	26,3	26,3	0,0055
05/06/2018	20,1	240	13:22	13,0	-3,6	0,5	-2,0	7,9	14,8	17,6	17,6	0,0033
05/06/2018	20,7	540	17:22	11,0	-3,4	0,5	-2,0	6,1	15,1	13,6	13,6	0,0022
06/06/2018	20,2	1440	9:22	10,0	-3,6	0,5	-2,0	4,9	15,3	10,9	10,9	0,0014

Tipo	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila
% total	0,0	0,1	0,2	4,9	81,9	13,0
% total	0,0		5,2		81,9	13,0





AMOSTRA SP 304 – AM 3 M

Profundidade: 11,75 a 12,45m

UMIDADE HIGROSCÓPICA			
Cápsula no. (g.)	289	236	239
Solo úmido + tara (g.)	95,28	80,95	79,09
Solo seco + tara (g.)	94,70	80,47	78,71
Tara da cápsula (g.)	14,76	12,08	13,98
Água (g.)	0,58	0,48	0,38
Solo Seco (g.)	79,94	68,39	64,73
Teor de umidade (%)	0,7	0,7	0,6
Umidade Média (%)	0,7		

AMOSTRA TOTAL SECA	
Amostra Total Úmida (g)	812,67
Solo Seco retido na # 10 (g)	0,00
Solo Úmido passa na # 10 (g)	812,67
Solo Seco passa na # 10 (g)	807,25
Amostra Total Seca (g)	807,25

AMOSTRA PARCIAL SECA	
Amostra menor #10 úmida (g)	70,00
Amostra menor #10 seca (g)	69,53
Limite de Liquidez	27,5
Índice de Plasticidade	13,9

MASSA ESPECÍFICA REAL		
Picnômetro. nº	21	22
Temperatura (°C)	18,7	18,7
Pic.+ água + solo (g)	702,04	743,76
Solo úmido(g)	50,00	50,00
Solo Seco (g)	49,67	49,67
Pic.+ água (g)	670,73	712,29
Água Deslocada (g)	18,35	18,20
Teor de umidade (%)	0,7	
Massa Específica (H ₂ O)	0,9985	0,9985
Massa Específica Real	2,702	2,725
ρ [g/cm ³]	2,713	

PENEIRAMENTO						
PENEIRAS		MATERIAL RETIDO			% QUE	
A.B.N.T.		Peso	P.acumul	%	PASSA: amostra	Faixa
N.o.	mm.	(gr.)	(gr.)	acumul	total	
4"	101,8					
3. 1/2 "	88,9					
3"	76,2					
2. 1/2 *	63,5					
2"	50,8					
1. 1/2 "	38,1					
1"	25,4					
3/4 "	19					
1/2 *	12,7					
3/8"	9,5					
1/4"	6,3					
4	4,8					
8	2,4					
10	2				100,0	
16	1,2	0,00			100,0	
30	0,6	0,01	0,0	0,0	100,0	
40	0,42	0,02	0,0	0,0	100,0	
60	0,25	0,03	0,1	0,1	99,9	
100	0,15	0,14	0,2	0,3	99,7	
200	0,075	3,27	3,5	5,0	95,0	

Densímetro n.º	02
----------------	----

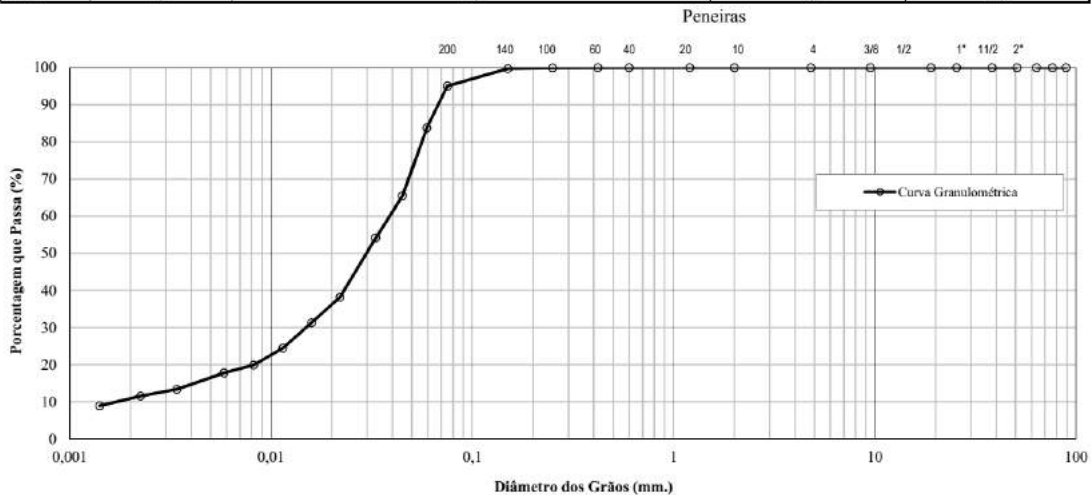
$$K = \frac{\delta}{\delta - 1} = 1,584$$

$$\% \text{ da amostra parcial} = A \times K \times LC$$

A =	0,0144
-----	--------

SEDIMENTAÇÃO COM DEFLOCULANTE												
Data	Temp. °c	Tempo min.	horário h	Leit. (L)	Correções			Leit. corrig.	Altura de Queda	% parcial	% total	f mm
					temperatura	menisco	defloculante					
05/06/2018	19,8	0,5	9:29	42,0	-3,7	0,5	-2,0	36,8	10,1	83,7	83,7	0,0593
05/06/2018	19,8	1	9:30	34,0	-3,7	0,5	-2,0	28,8	11,4	65,5	65,5	0,0449
05/06/2018	19,8	2	9:31	29,0	-3,7	0,5	-2,0	23,8	12,2	54,1	54,1	0,0330
05/06/2018	19,8	5	9:34	22,0	-3,7	0,5	-2,0	16,8	13,4	38,2	38,2	0,0220
05/06/2018	19,7	10	9:39	19,0	-3,8	0,5	-2,0	13,7	13,9	31,3	31,3	0,0158
05/06/2018	19,7	20	9:49	16,0	-3,8	0,5	-2,0	10,7	14,4	24,5	24,5	0,0114
05/06/2018	19,7	40	10:09	14,0	-3,8	0,5	-2,0	8,7	14,7	19,9	19,9	0,0082
05/06/2018	19,9	80	10:49	13,0	-3,7	0,5	-2,0	7,8	14,9	17,8	17,8	0,0058
05/06/2018	20,1	240	13:29	11,0	-3,6	0,5	-2,0	5,9	15,2	13,4	13,4	0,0034
05/06/2018	20,7	540	17:29	10,0	-3,4	0,5	-2,0	5,1	15,3	11,5	11,5	0,0022
06/06/2018	20,2	1440	9:29	9,0	-3,6	0,5	-2,0	3,9	15,5	8,9	8,9	0,0014

Tipo	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila
% total	0,0	0,0	0,2	15,5	73,5	10,8
% total	0,0		15,7		73,5	10,8

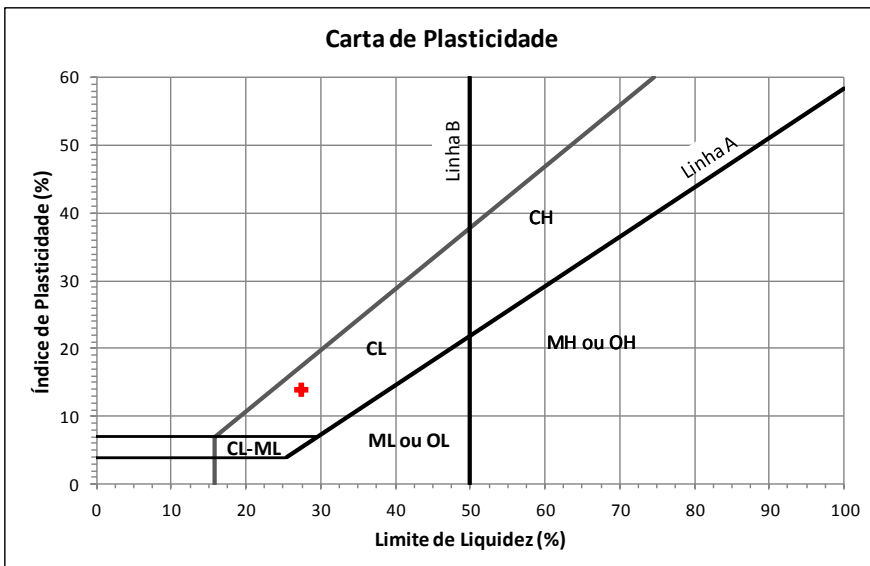
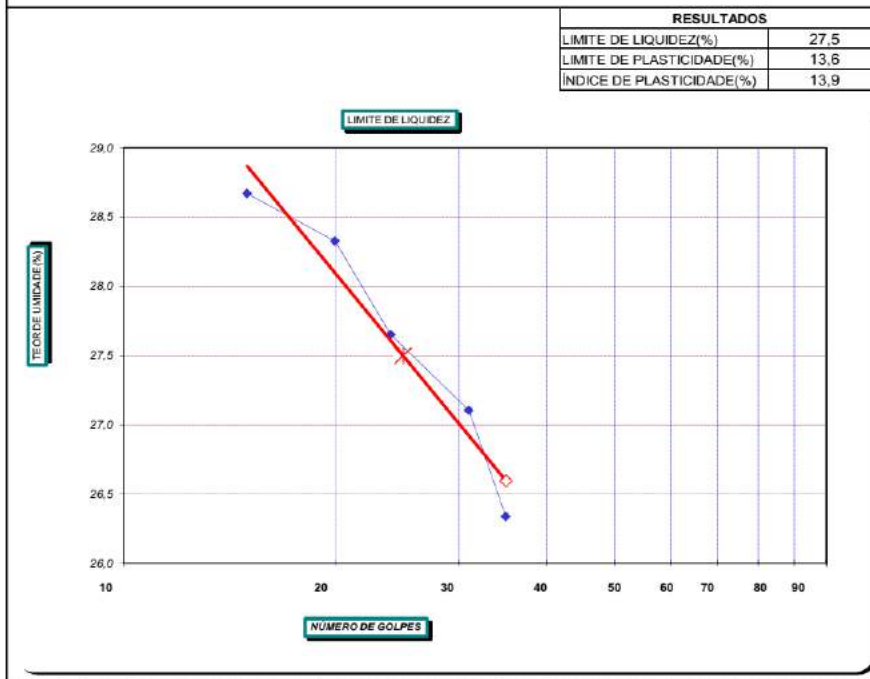


LIMITES DE ATTERBERG					
Interessado:	Amaggi Exp. e Imp. Ltda.	Material:	Silte Areno Argiloso	Data:	05/06/2018
Obra:	Porto Chuelo	Identificação:	SP 304 - AM 3 M	Amostra:	Shelby
Local:	Porto Velho - RO	Prof.:	11,75 à 12,45 m	Registro:	2018.12402
N:	-	E:	-	Cota:	-

LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR 6459/2016					
Cápsula nº	11	12	13	14	15
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g)	23,72	22,59	24,33	25,24	22,15
Peso da Cápsula + Solo Seco (g)	20,38	19,63	21,28	21,89	19,39
Peso da Água (g)	3,34	2,96	3,05	3,35	2,76
Peso da Cápsula (g)	8,73	9,18	10,25	9,53	8,91
Peso do Solo Seco (g)	11,65	10,45	11,03	12,36	10,48
Teor de Umidade (%)	28,7	28,3	27,7	27,1	26,3
Nº de Golpes	15	20	24	31	35

LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR 7180/2016					
Cápsula nº	11	12	13	14	15
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g)	6,98	7,15	7,29	6,65	7,51
Peso da Cápsula + Solo Seco (g)	6,78	6,94	7,02	6,44	7,27
Peso da Água (g)	0,20	0,21	0,27	0,21	0,24
Peso da Cápsula (g)	5,32	5,35	5,10	4,92	5,46
Peso do Solo Seco (g)	1,46	1,59	1,92	1,52	1,79
Teor de Umidade (%)	13,7	13,2	14,1	13,8	13,9
Valor Aceito?	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

GRÁFICO



AMOSTRA SP 304 – AM 6 M

Profundidade: 14,75 a 15,45m

UMIDADE HIGROSCÓPICA			
Cápsula no. (g)	147	245	177
Solo úmido + tara (g)	83,53	87,13	85,28
Solo seco + tara (g)	82,38	85,91	84,11
Tara da cápsula (g)	12,19	12,15	11,89
Água (g)	1,15	1,22	1,17
Solo Seco (g)	70,19	73,76	72,22
Teor de umidade (%)	1,6	1,7	1,6
Umidade Média (%)	1,6		

AMOSTRA TOTAL SECA	
Amostra Total Úmida (g)	804,46
Solo Seco retido na # 10 (g)	0,00
Solo Úmido passa na # 10 (g)	804,46
Solo Seco passa na # 10 (g)	791,50
Amostra Total Seca (g)	791,50

AMOSTRA PARCIAL SECA	
Amostra menor #10 úmida (g)	70,00
Amostra menor #10 seca (g)	68,87
Limite de Liquidez	25,4
Índice de Plasticidade	9,5

MASSA ESPECÍFICA REAL		
Picnômetro. nº	23	24
Temperatura (°C)	18,7	18,7
Pic. + água + solo (g)	699,98	706,96
Solo úmido (g)	50,00	50,00
Solo Seco (g)	49,19	49,19
Pic. + água (g)	668,80	675,64
Água Deslocada (g)	18,01	17,88
Teor de umidade (%)	1,6	
Massa Específica (H ₂ O)	0,9985	0,9985
Massa Específica Real	2,727	2,748
ρ [g/cm ³]	2,737	

PENEIRAMENTO						
PENEIRAS		MATERIAL RETIDO			% QUE	
A.B.N.T.		Peso	P. acumul	%	PASSA: amostra	Faixa
N.º	mm.	(gr.)	(gr.)	acumul	total	
4"	101,8					
3. 1/2 "	88,9					
3"	76,2					
2. 1/2 "	63,5					
2"	50,8					
1. 1/2 "	38,1					
1"	25,4					
3/4 "	19					
1/2 "	12,7					
3/8"	9,5					
1/4"	6,3					
4	4,8					
8	2,4					
10	2				100,0	
16	1,2	0,01	0,0	0,0	100,0	
30	0,6	0,01	0,0	0,0	100,0	
40	0,42	0,02	0,0	0,1	99,9	
60	0,25	0,02	0,1	0,1	99,9	
100	0,15	0,32	0,4	0,6	99,4	
200	0,075	4,79	5,2	7,5	92,5	

Densímetro n.º	02
----------------	----

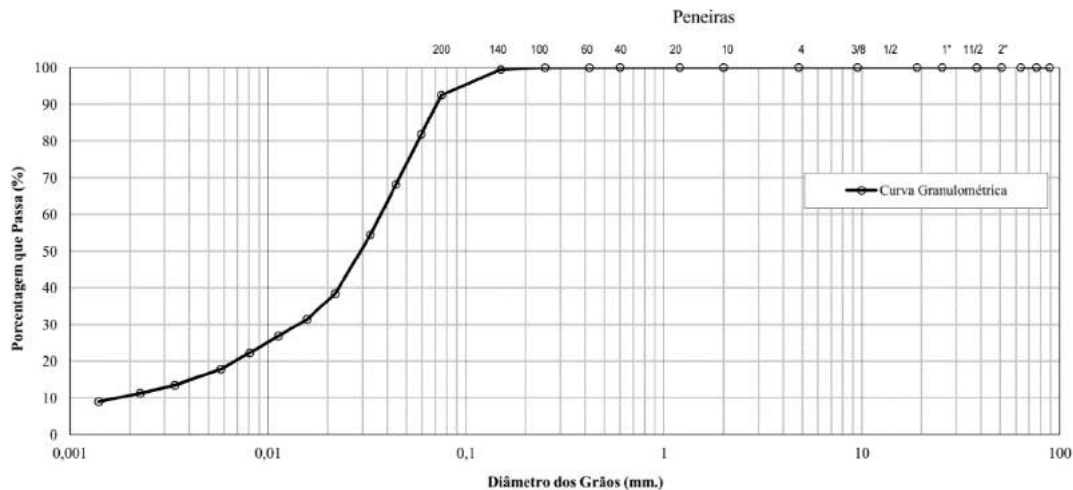
$$K = \frac{\delta}{\delta - 1} = 1,576$$

$$\% \text{ da amostra parcial} = A \times K \times LC$$

A =	0,0145
-----	--------

SEDIMENTAÇÃO COM DEFLOCULANTE												
Data	Temp. °C	Tempo min.	horário	Leit. (L)	Correções			Leit. corrig.	Altura de Queda	% parcial	% total	f mm
					temperatura	menisco	defloculante					
05/06/2018	19,8	0,5	9:36	41,0	-3,7	0,5	-2,0	35,8	10,2	81,8	81,8	0,0594
05/06/2018	19,8	1	9:37	35,0	-3,7	0,5	-2,0	29,8	11,2	68,1	68,1	0,0443
05/06/2018	19,8	2	9:38	29,0	-3,7	0,5	-2,0	23,8	12,2	54,4	54,4	0,0328
05/06/2018	19,8	5	9:41	22,0	-3,7	0,5	-2,0	16,8	13,4	38,4	38,4	0,0218
05/06/2018	19,7	10	9:46	19,0	-3,8	0,5	-2,0	13,7	13,9	31,4	31,4	0,0157
05/06/2018	19,7	20	9:56	17,0	-3,8	0,5	-2,0	11,7	14,2	26,9	26,9	0,0113
05/06/2018	19,7	40	10:16	15,0	-3,8	0,5	-2,0	9,7	14,5	22,3	22,3	0,0081
05/06/2018	19,9	80	10:56	13,0	-3,7	0,5	-2,0	7,8	14,9	17,9	17,9	0,0058
05/06/2018	20,1	240	13:36	11,0	-3,6	0,5	-2,0	5,9	15,2	13,4	13,4	0,0034
05/06/2018	20,3	540	17:36	10,0	-3,6	0,5	-2,0	4,9	15,3	11,3	11,3	0,0023
06/06/2018	20,2	1440	9:36	9,0	-3,6	0,5	-2,0	3,9	15,5	8,9	8,9	0,0014

Tipo	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silt	Argila
% total	0,0	0,0	0,3	17,4	71,7	10,6
% total	0,0		17,8		71,7	10,6



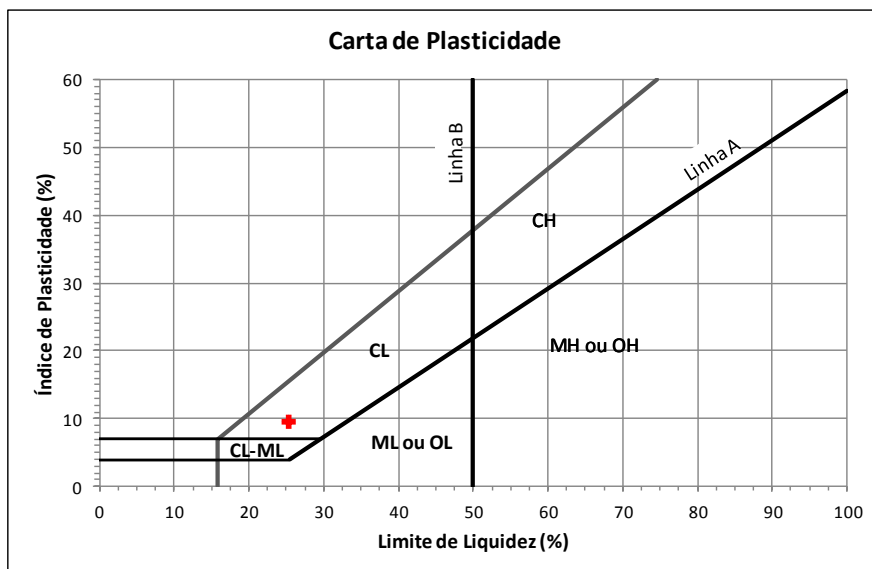
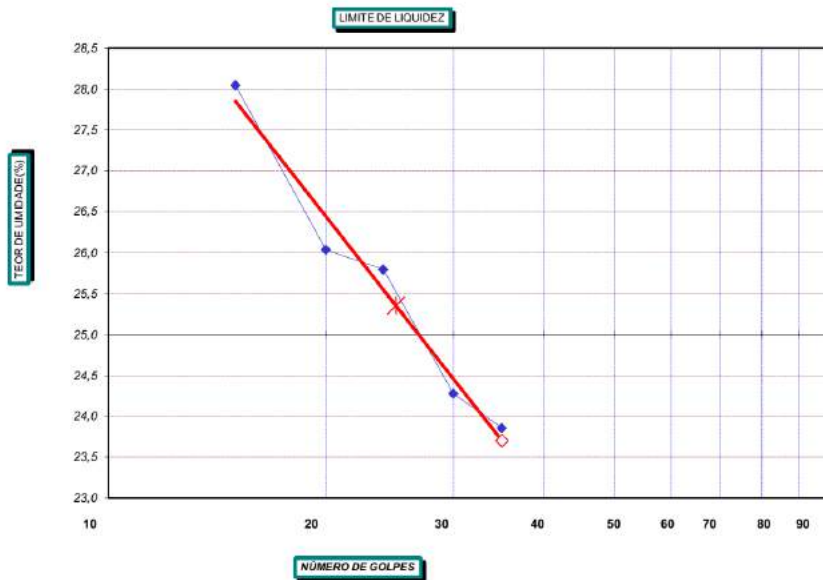
LIMITE DE LIQUIDEZ - NBR 6459/2016					
Cápsula nº	56	57	58	59	60
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g)	24,81	25,00	23,81	26,90	25,83
Peso da Cápsula + Solo Seco (g)	21,54	21,79	20,97	23,47	22,70
Peso da Água (g)	3,27	3,21	2,84	3,43	3,13
Peso da Cápsula (g)	9,88	9,46	9,96	9,34	9,58
Peso do Solo Seco (g)	11,66	12,33	11,01	14,13	13,12
Teor de Umidade (%)	28,0	26,0	25,8	24,3	23,9
Nº de Golpes	15	20	24	30	35

LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR 7180/2016					
Cápsula nº	56	57	58	59	60
Peso da Cápsula + Solo Úmido (g)	7,13	6,66	7,00	6,78	6,41
Peso da Cápsula + Solo Seco (g)	6,93	6,46	6,83	6,57	6,22
Peso da Água (g)	0,20	0,20	0,17	0,21	0,19
Peso da Cápsula (g)	5,61	5,26	5,60	5,29	5,03
Peso do Solo Seco (g)	1,32	1,20	1,23	1,28	1,19
Teor de Umidade (%)	15,2	16,7	13,8	16,4	16,0
Valor Aceito?	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM

GRÁFICO

RESULTADOS

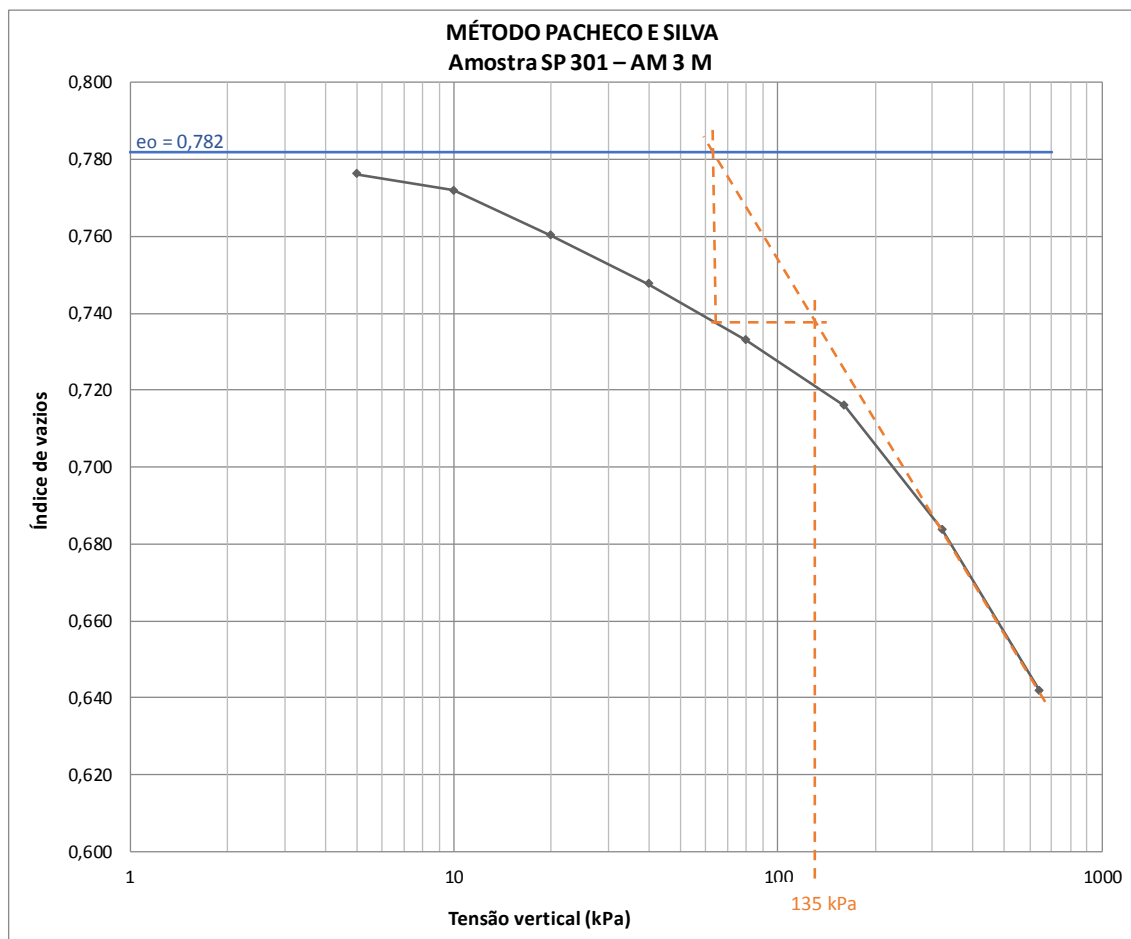
LIMITE DE LIQUIDEZ(%)	25,4
LIMITE DE PLASTICIDADE(%)	15,8
ÍNDICE DE PLASTICIDADE(%)	9,5

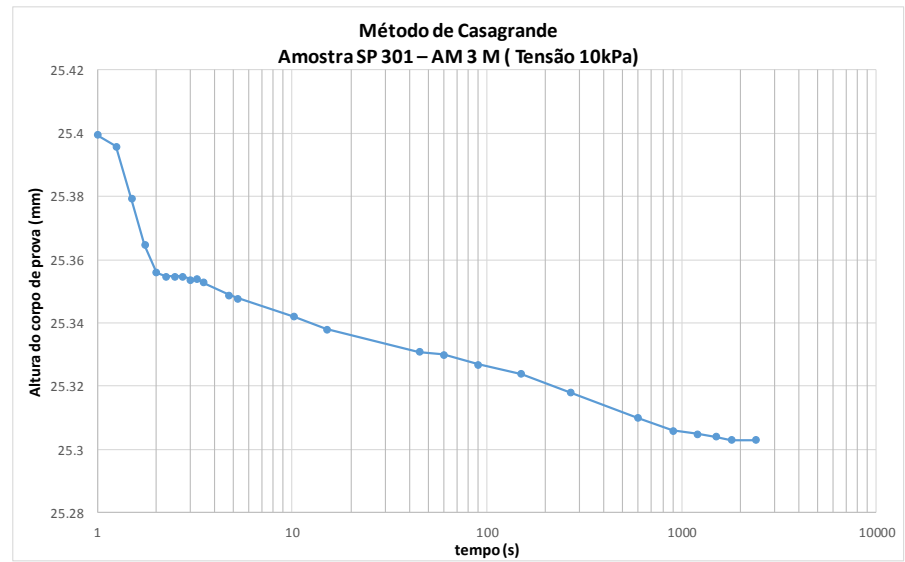
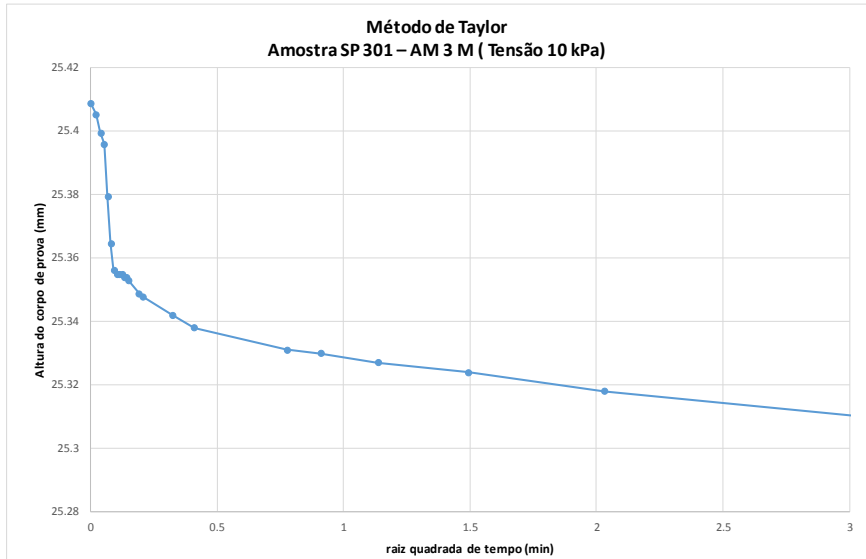
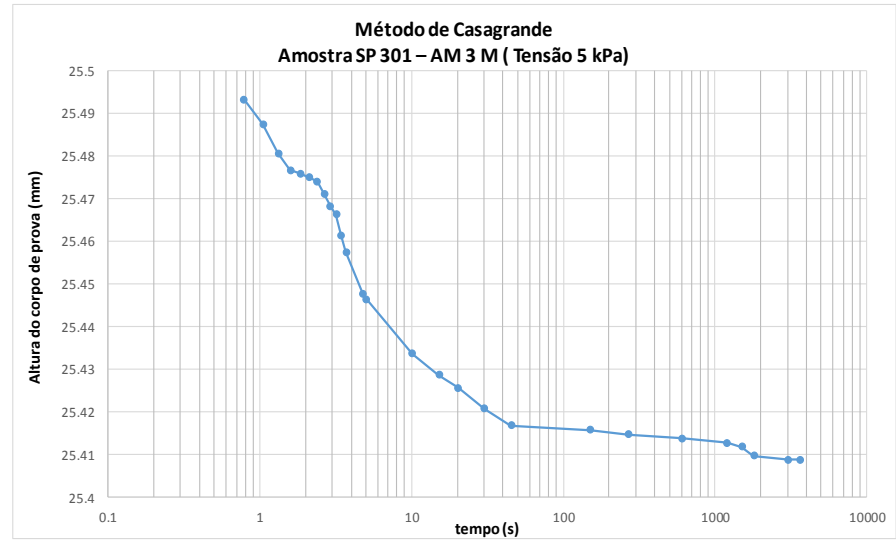
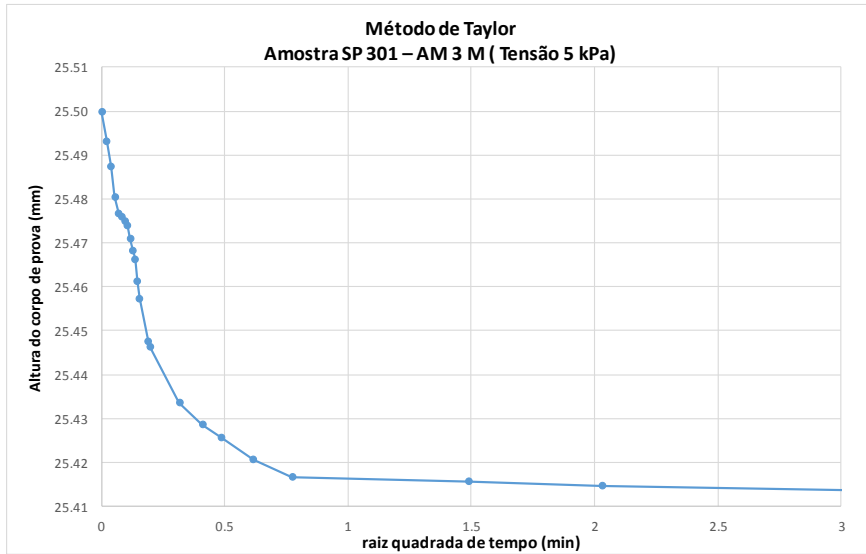


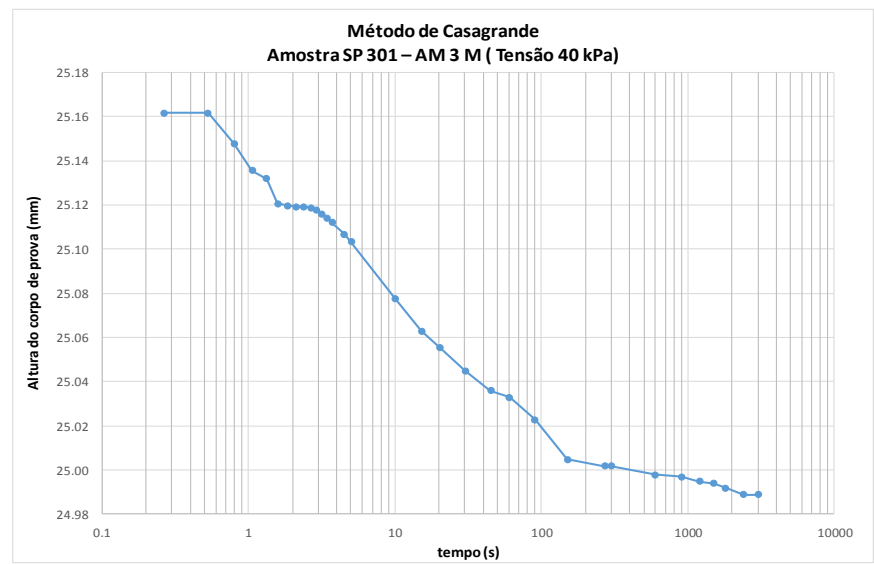
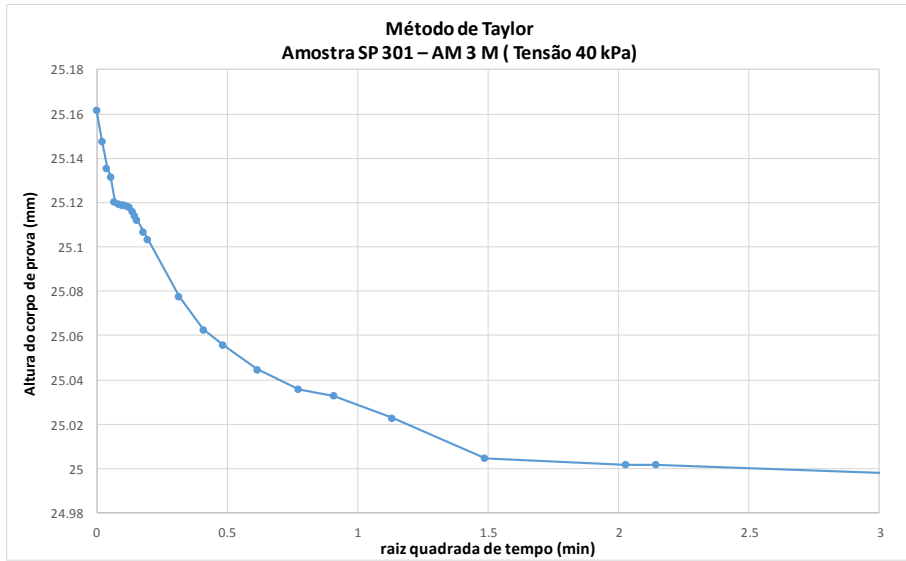
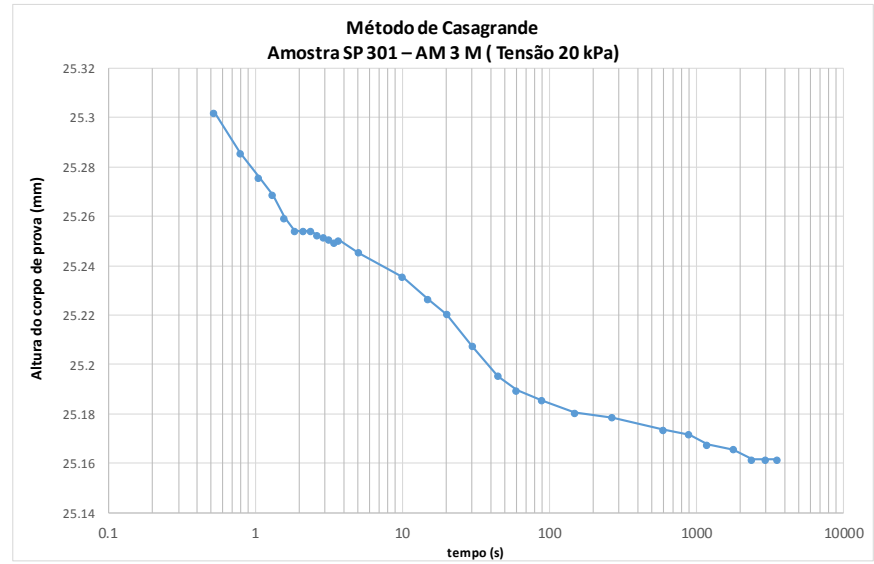
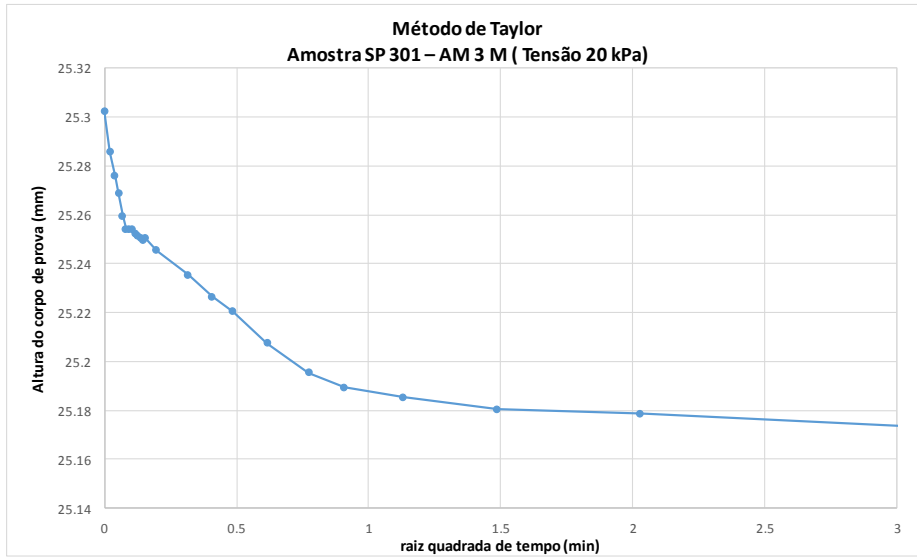
2. ADENSAMENTO OEDOMÉTRICO

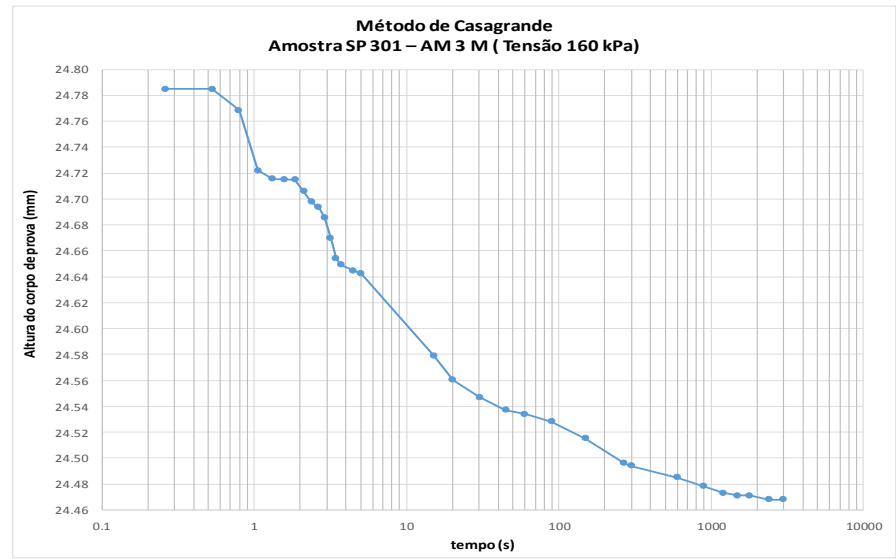
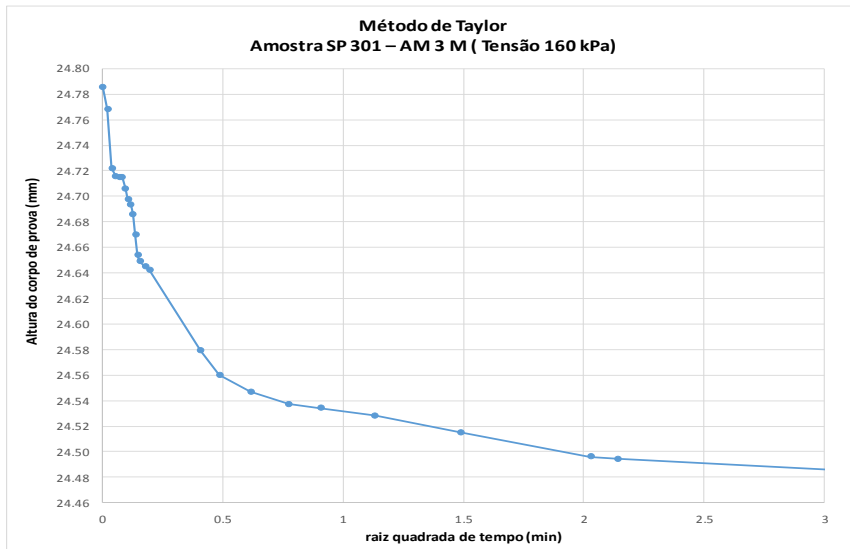
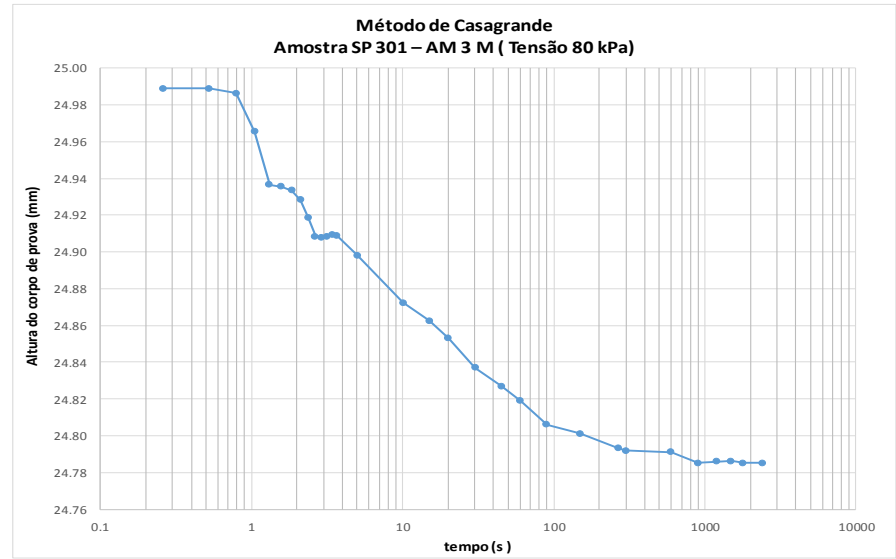
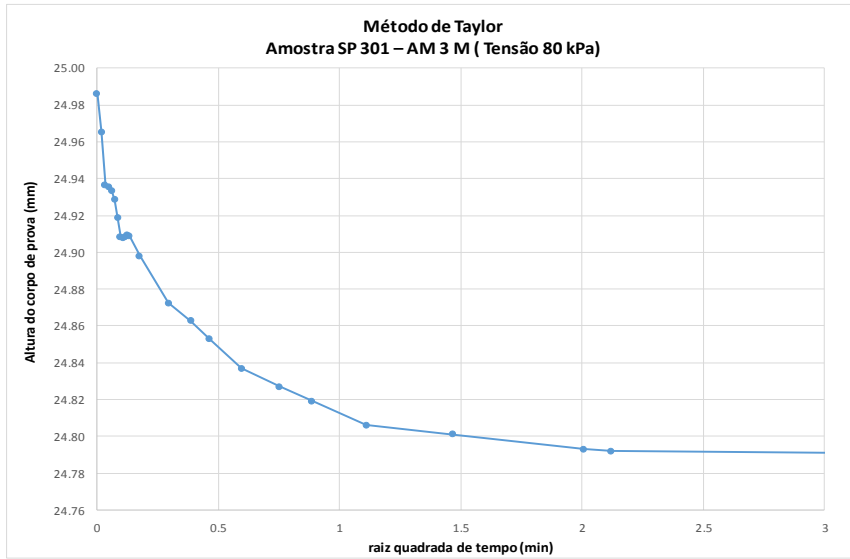
AMOSTRA SP 301 – AM 3 M

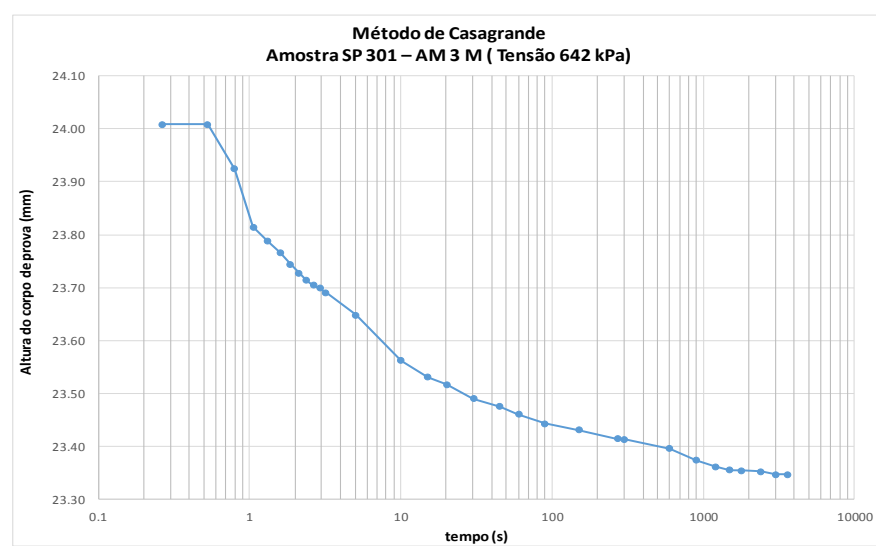
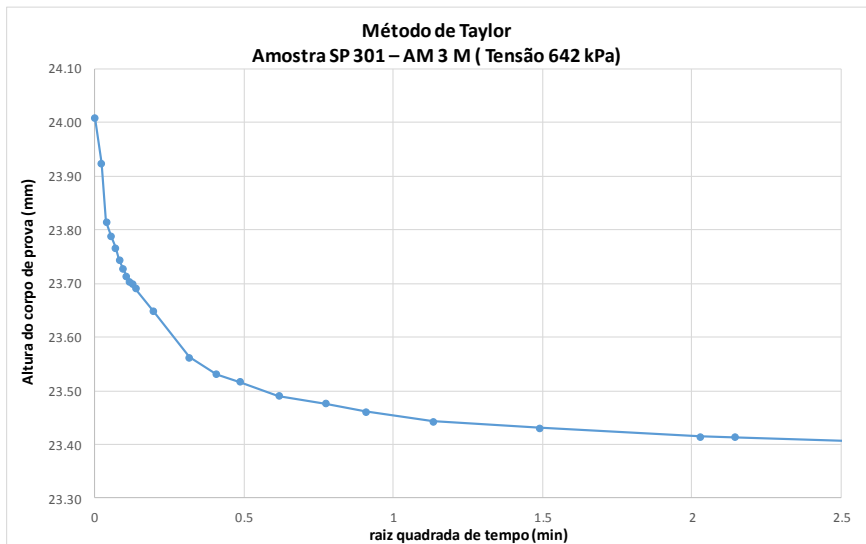
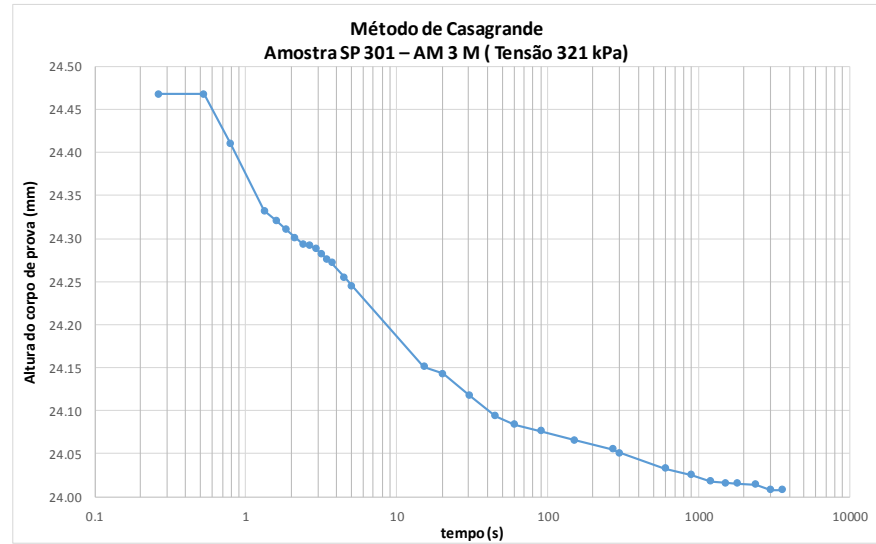
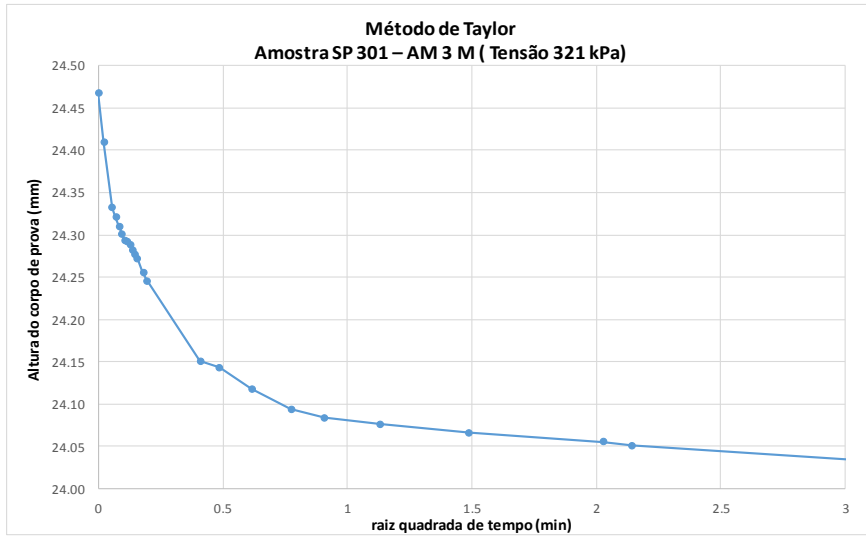
Profundidade: 7,10 a 7,80 m





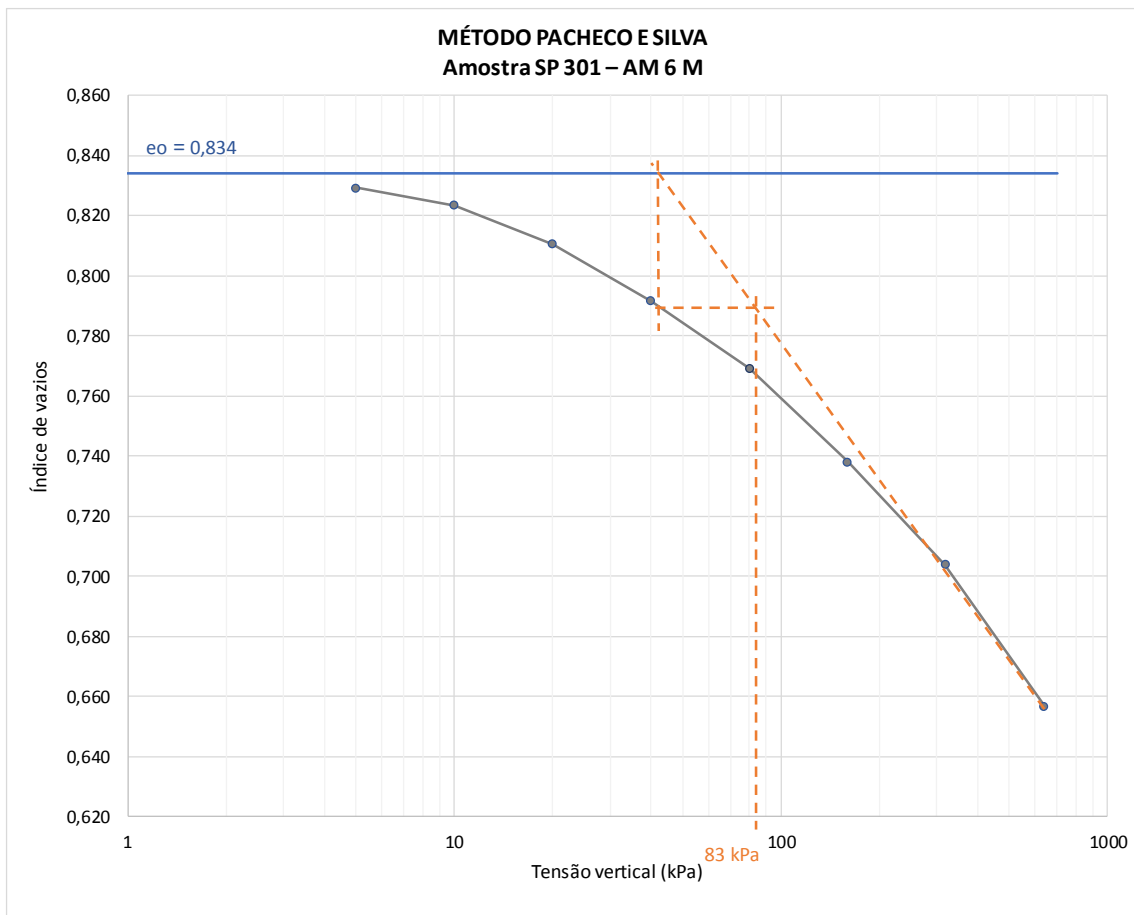


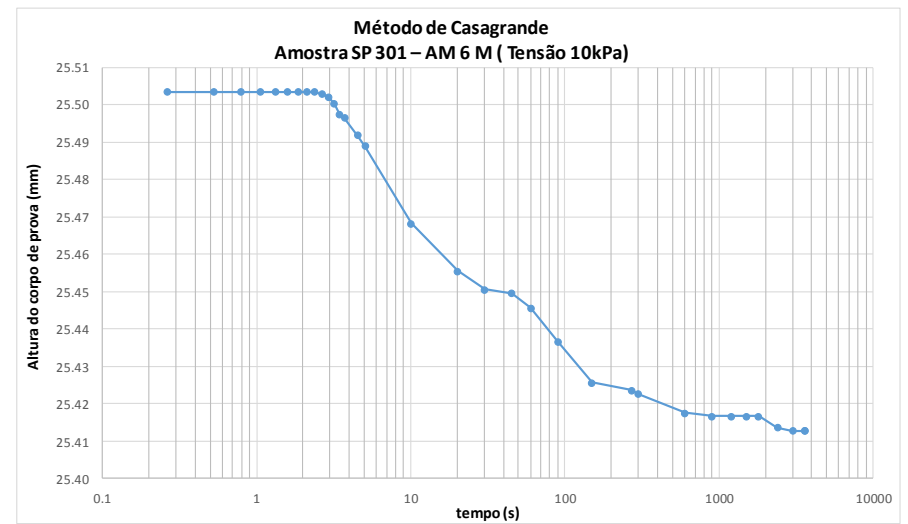
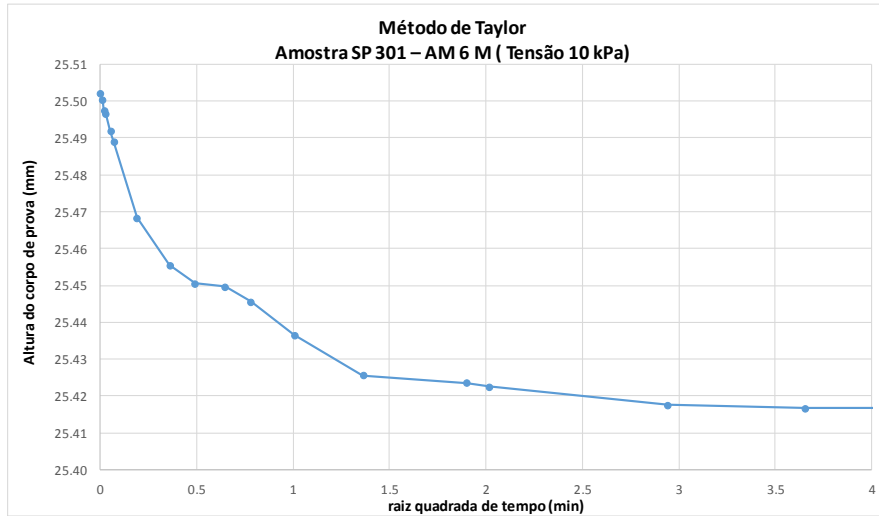
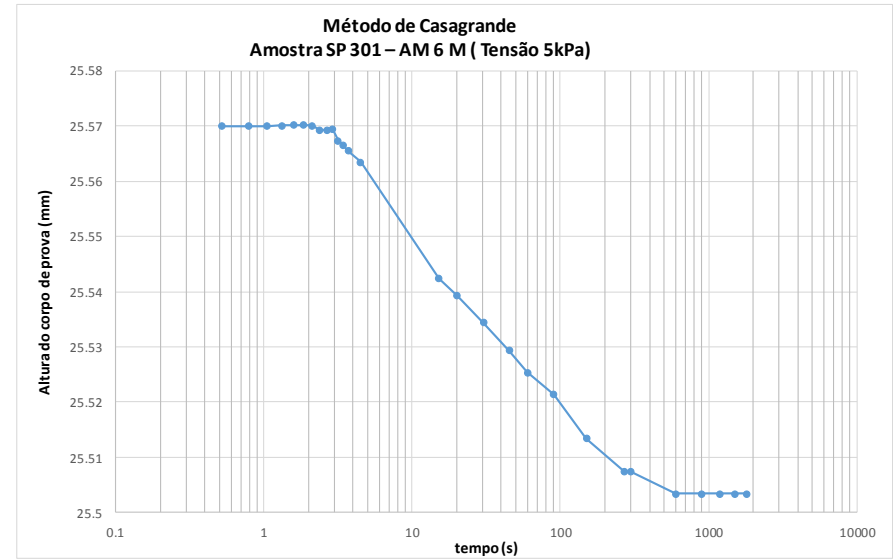
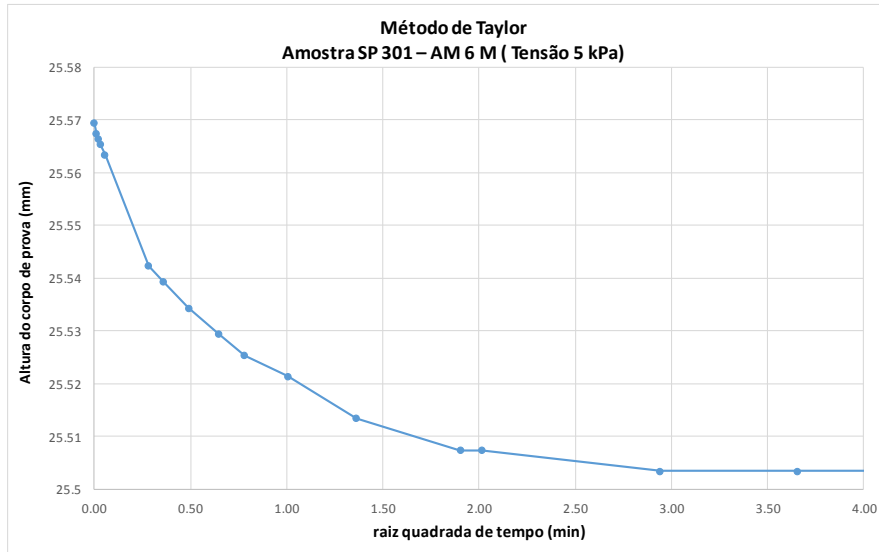


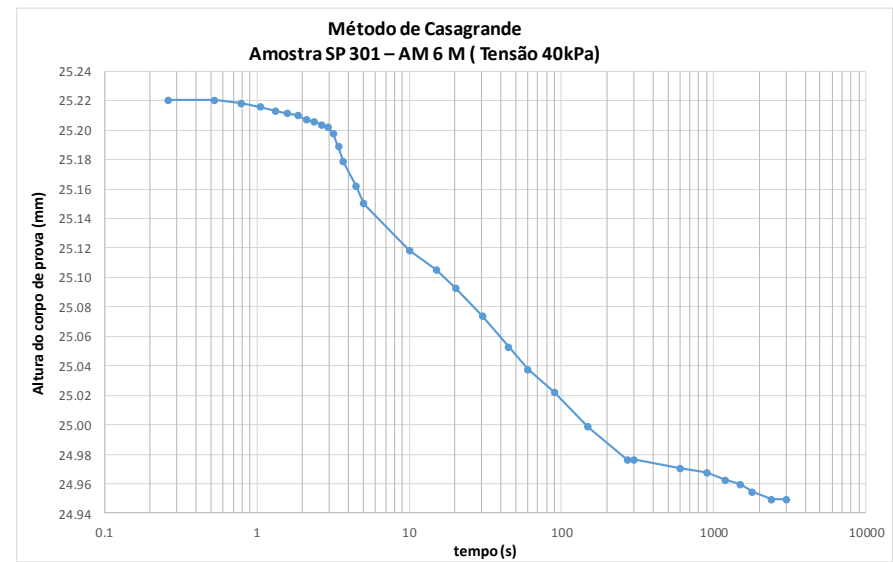
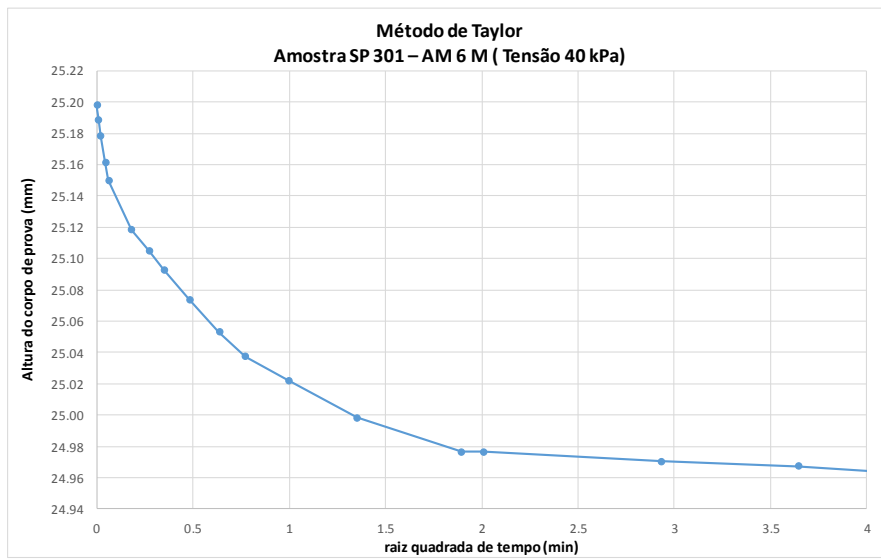
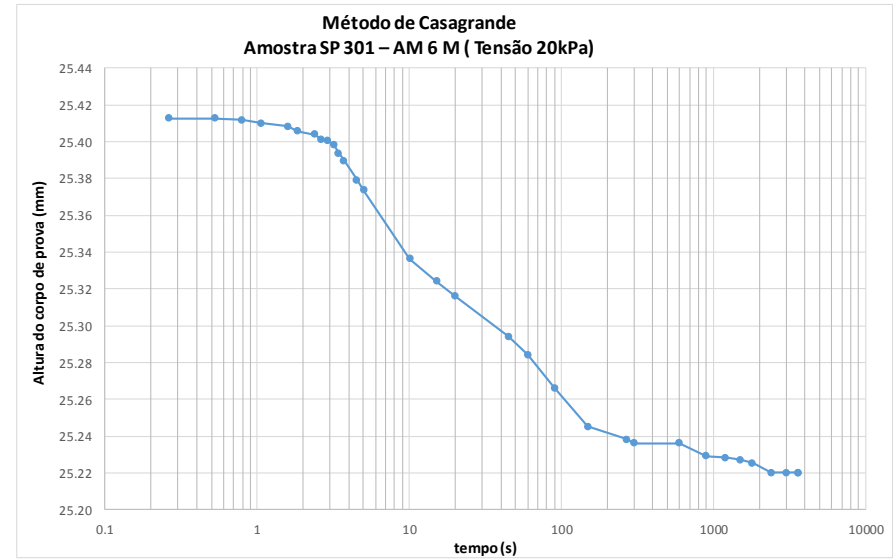
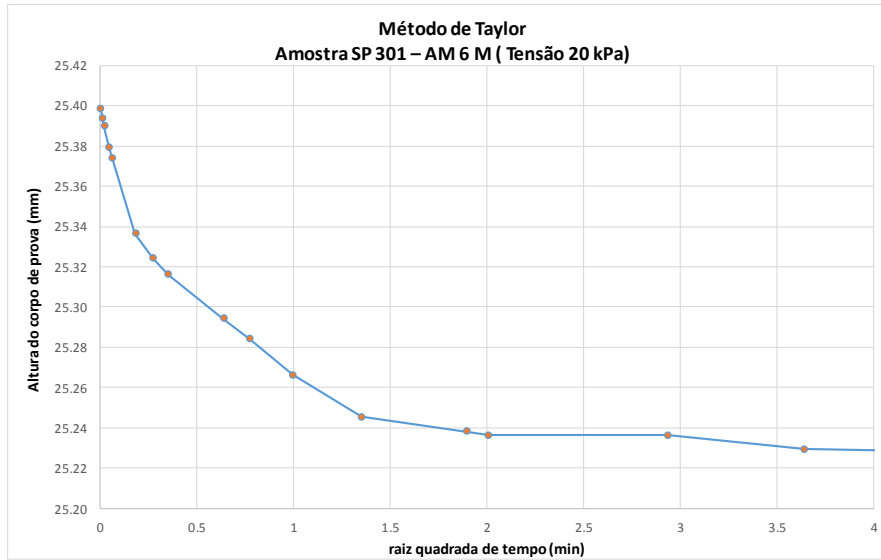


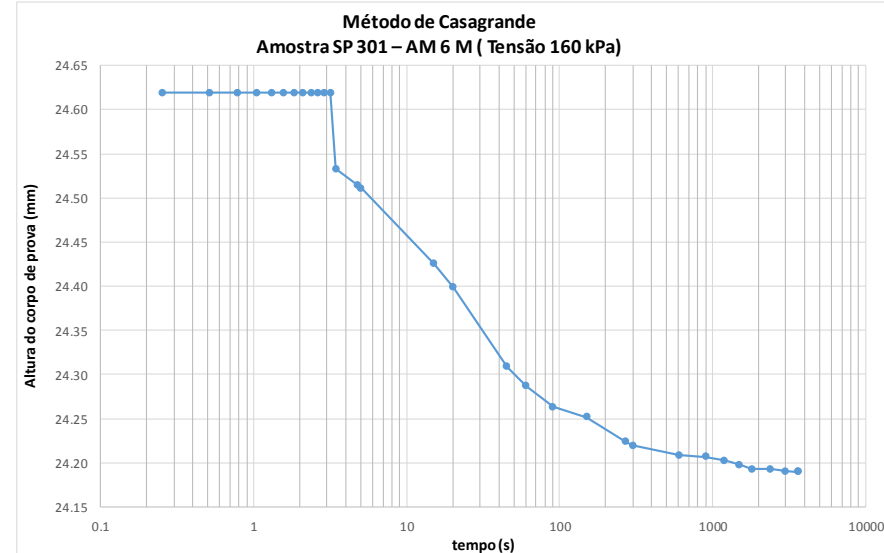
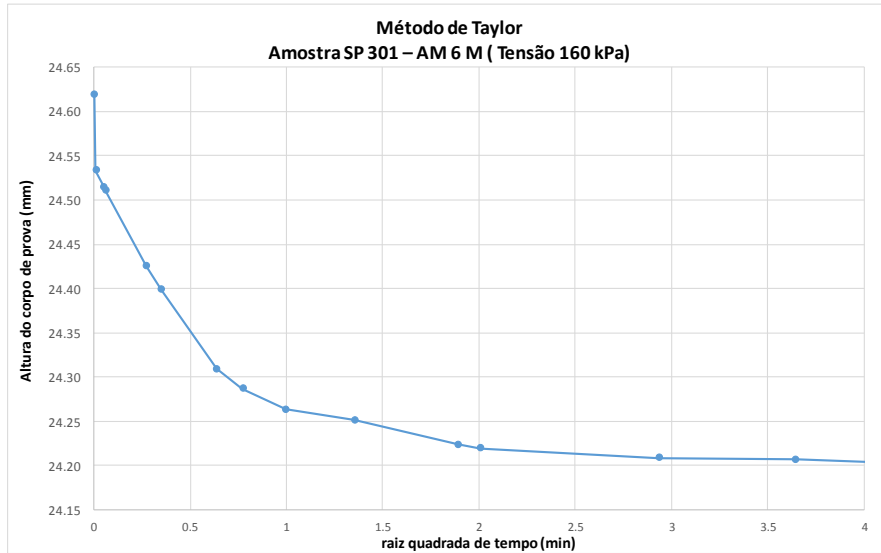
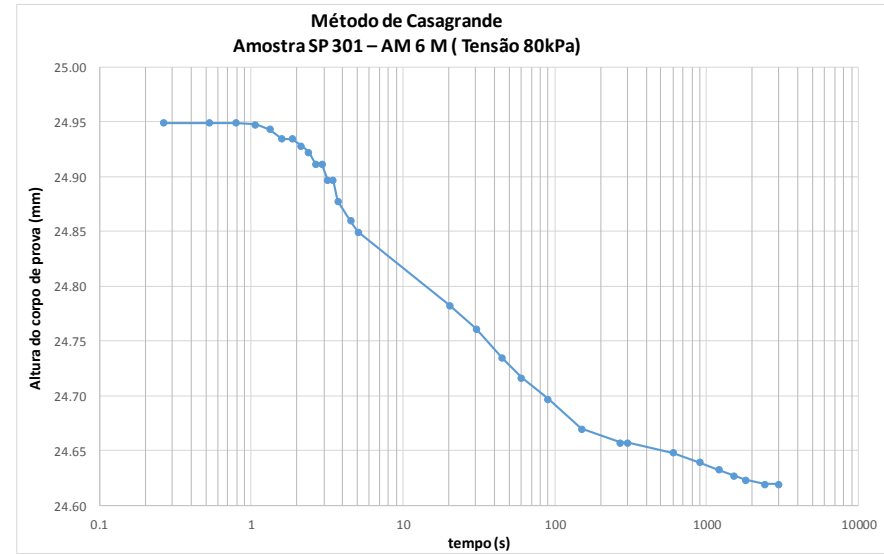
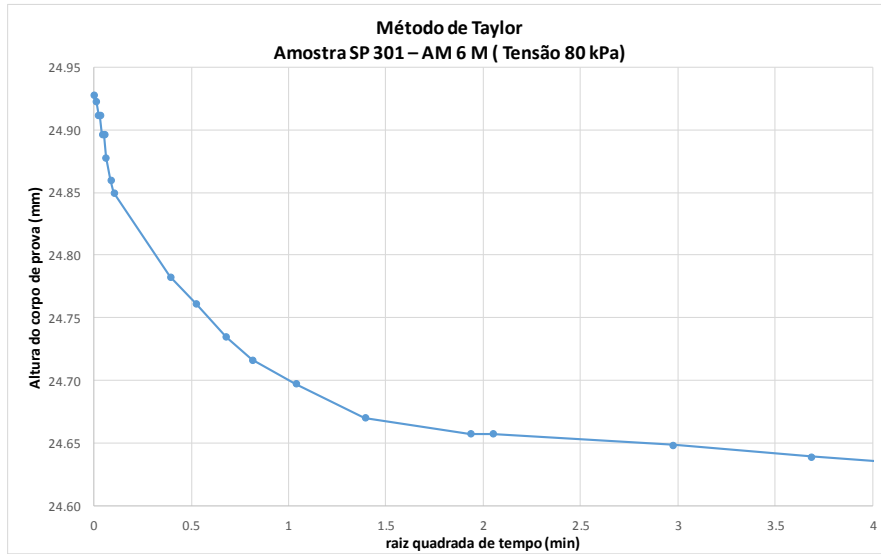
AMOSTRA SP 301 – AM 6 M

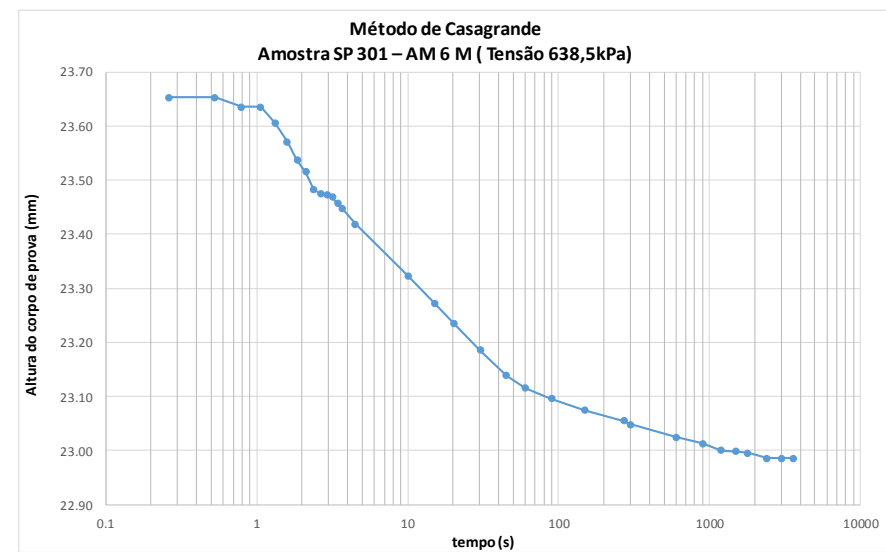
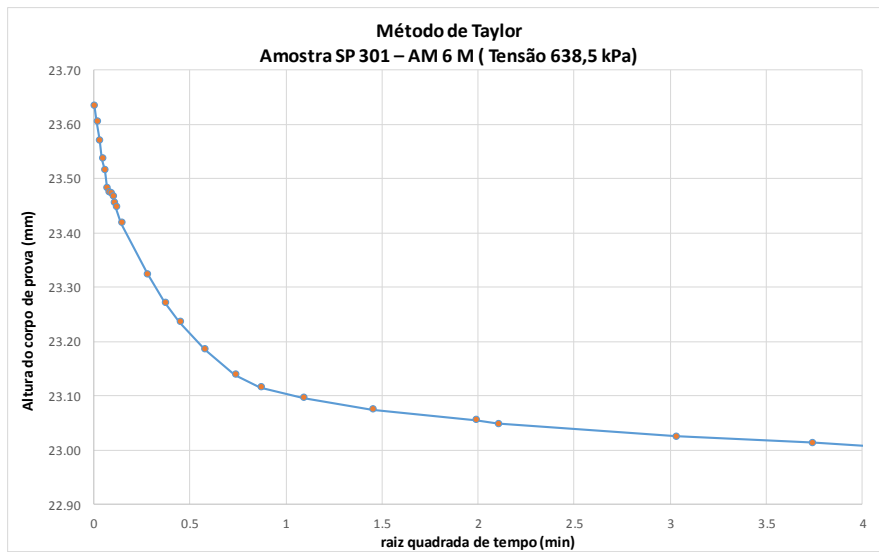
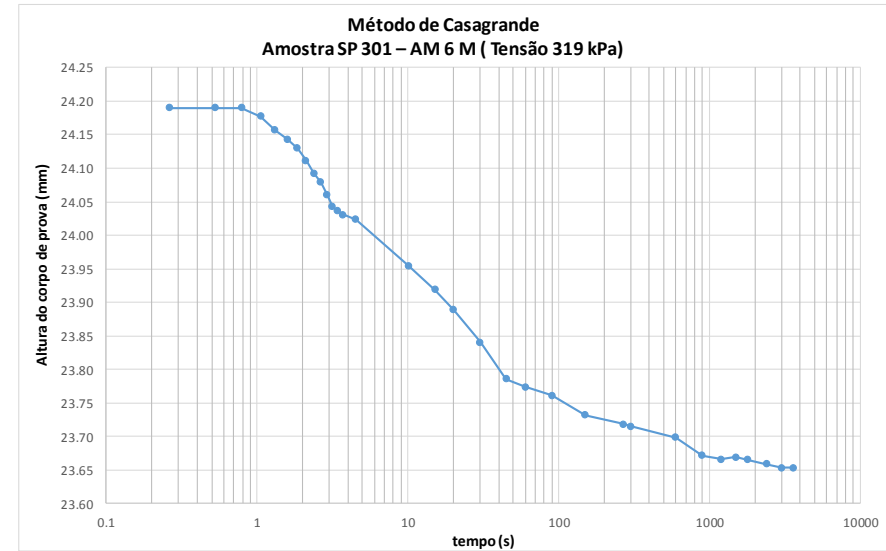
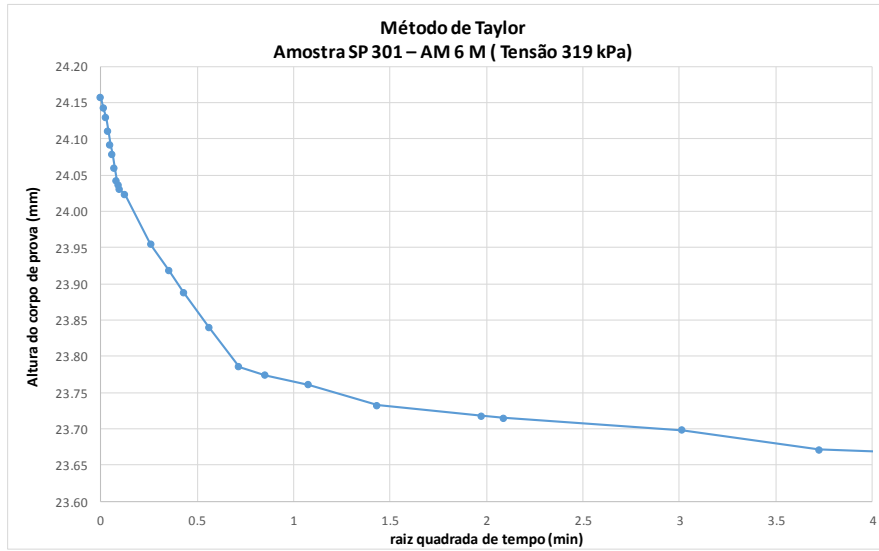
Profundidade: 10,10 a 10,80 m





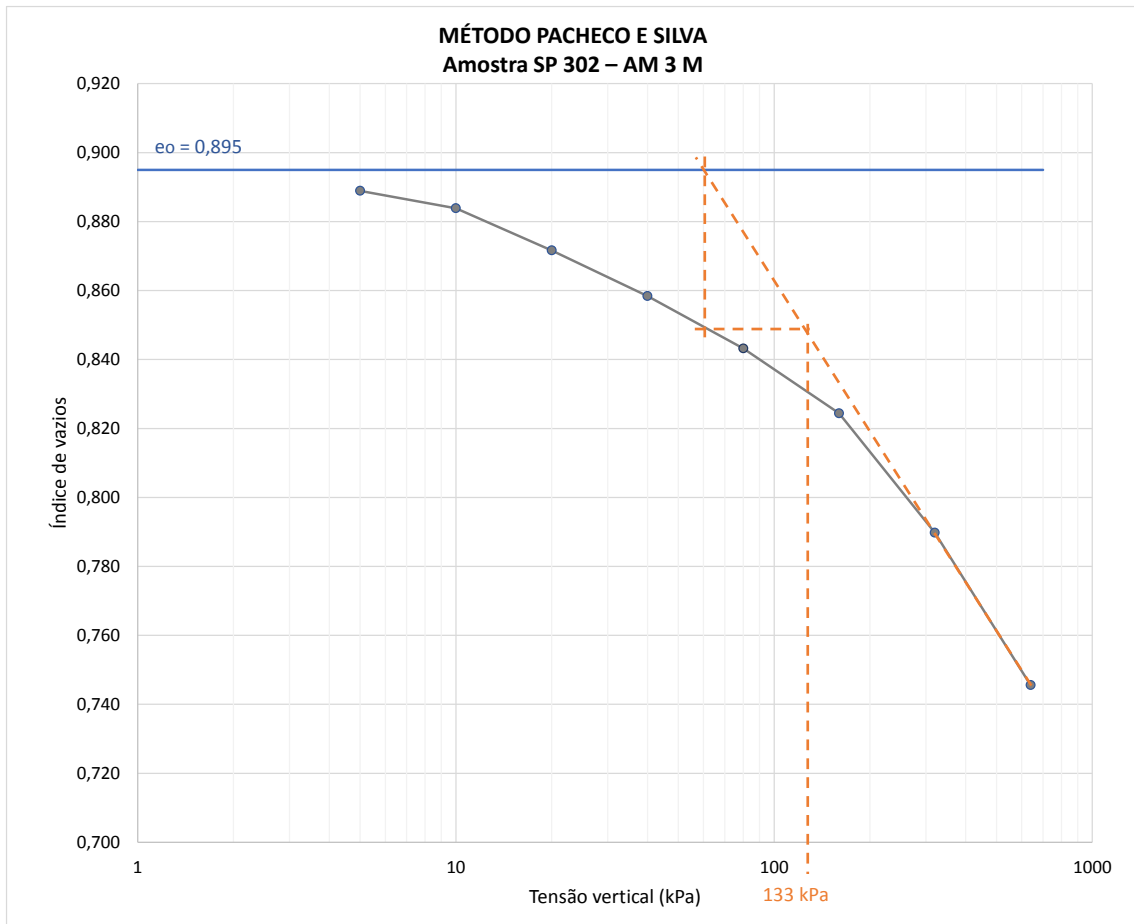


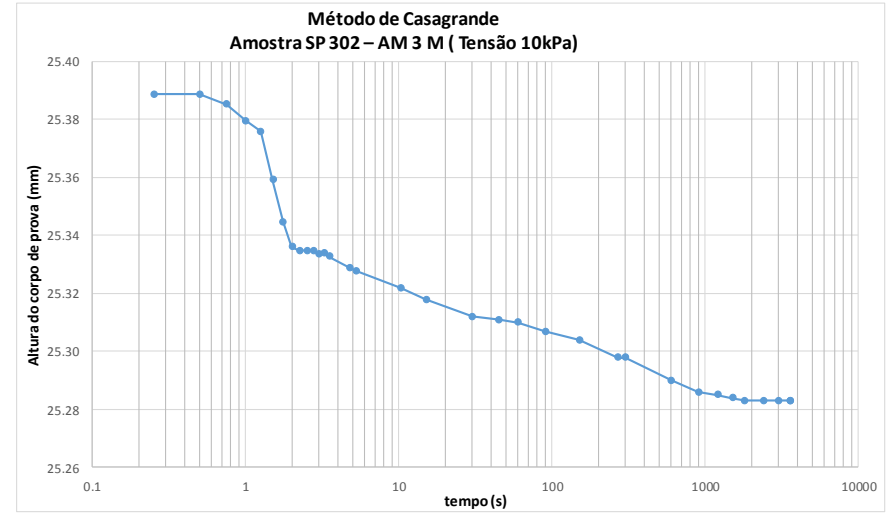
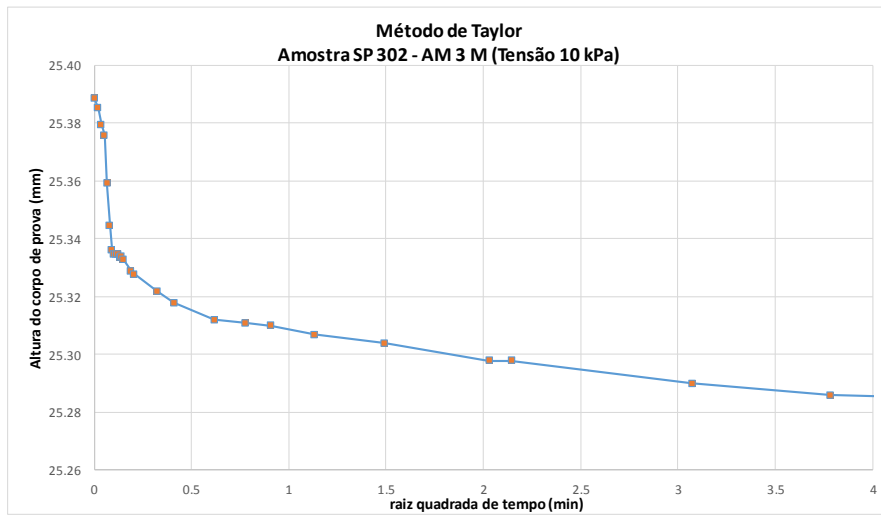
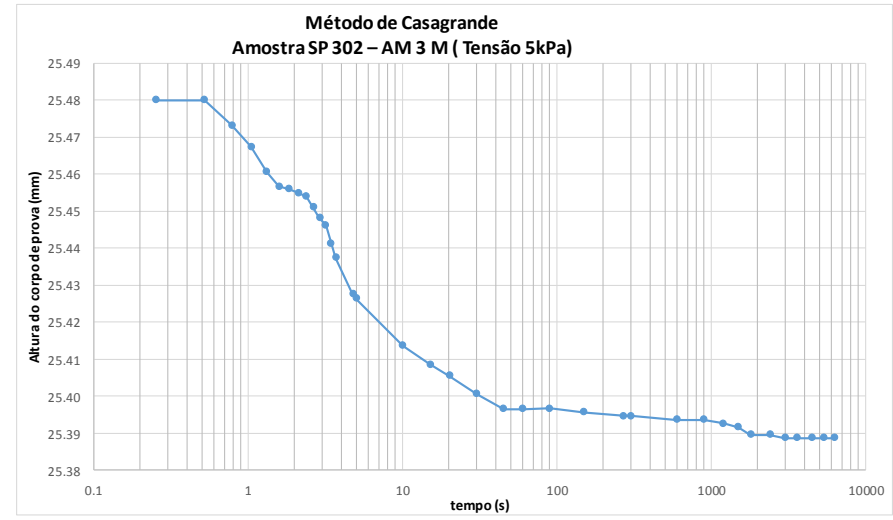
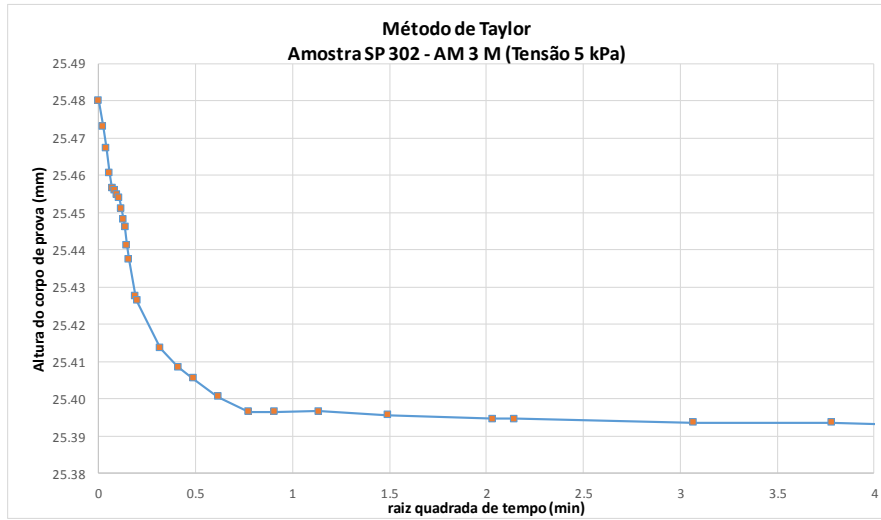


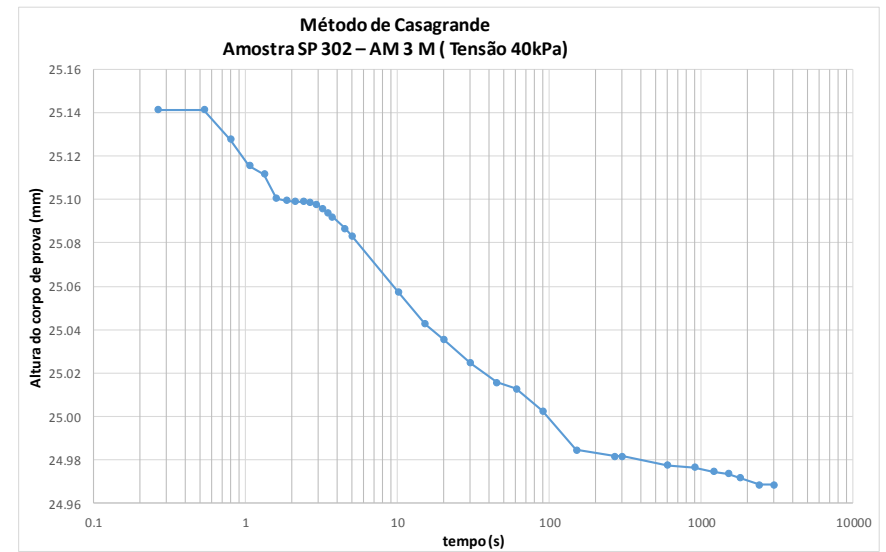
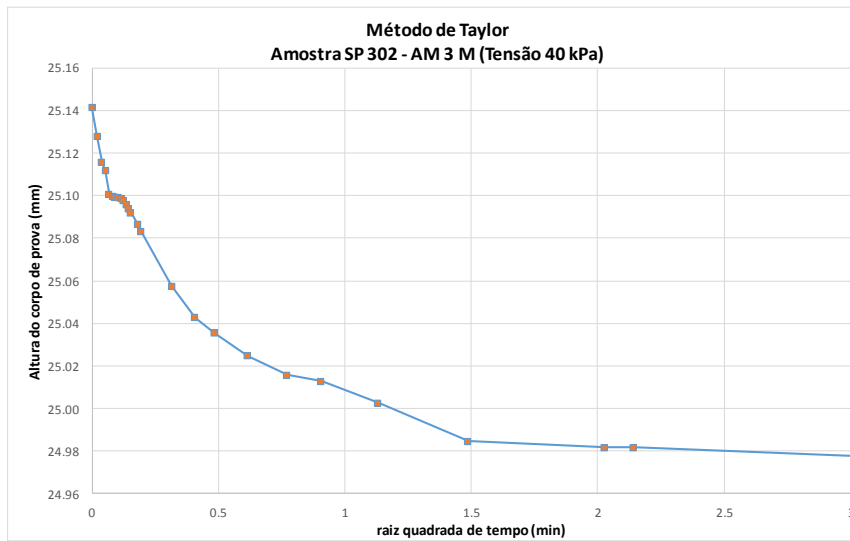
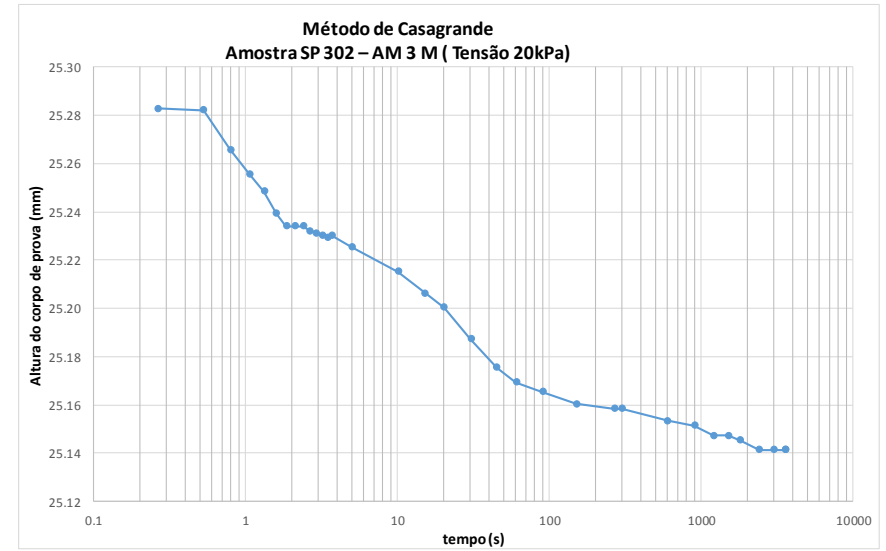
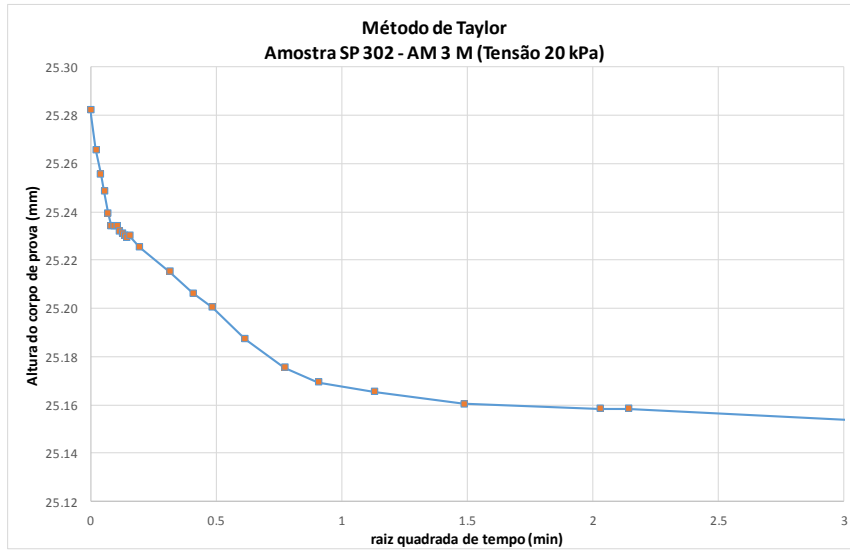


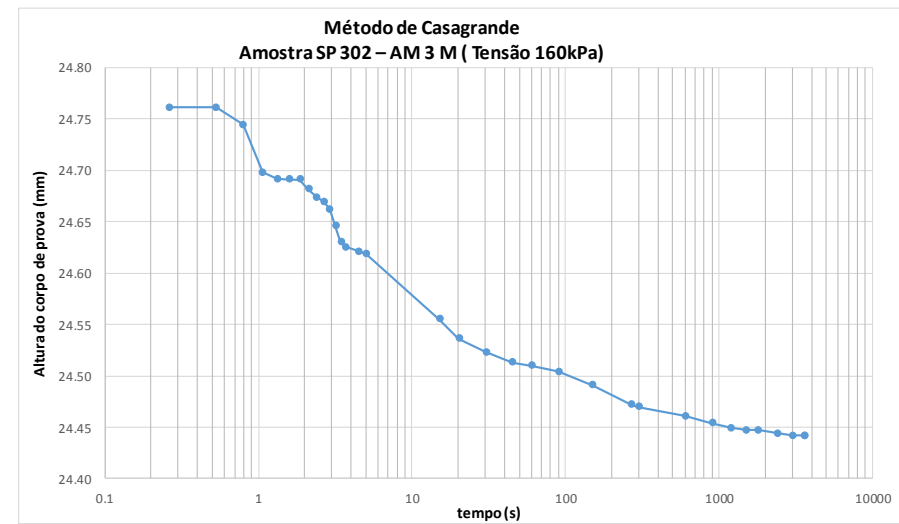
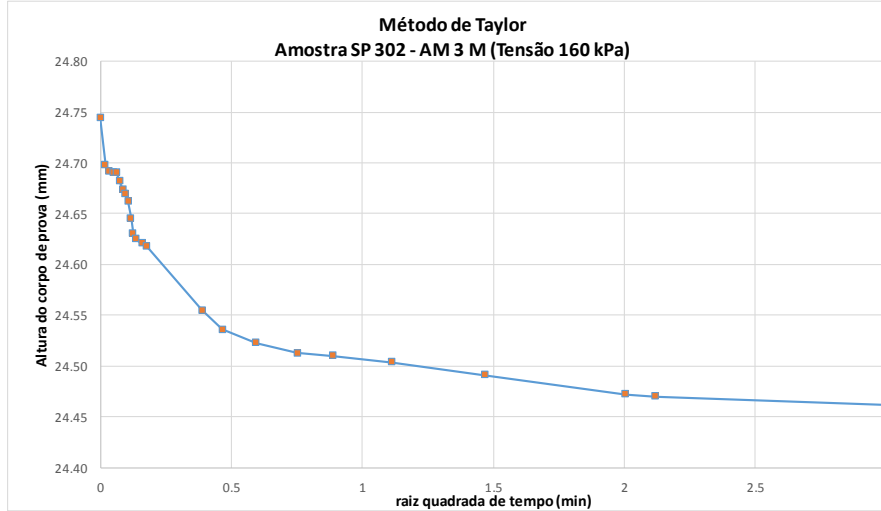
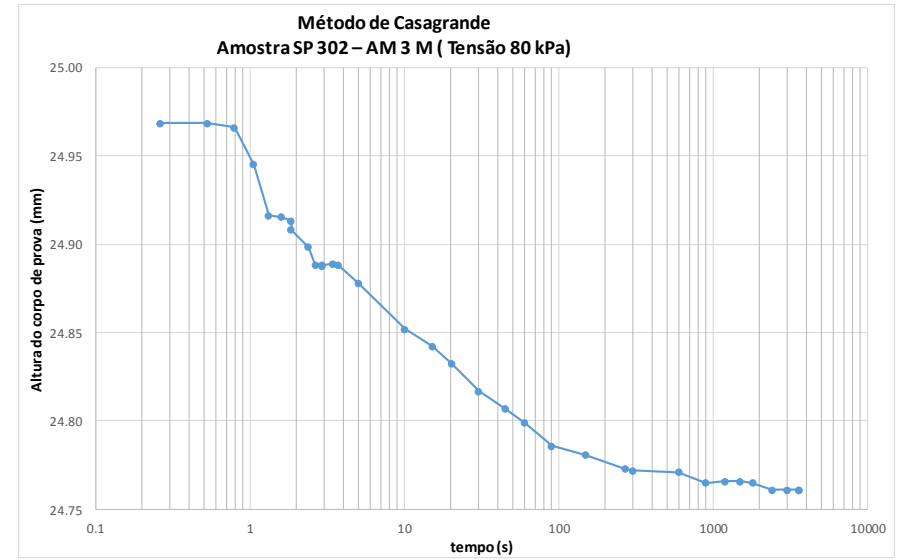
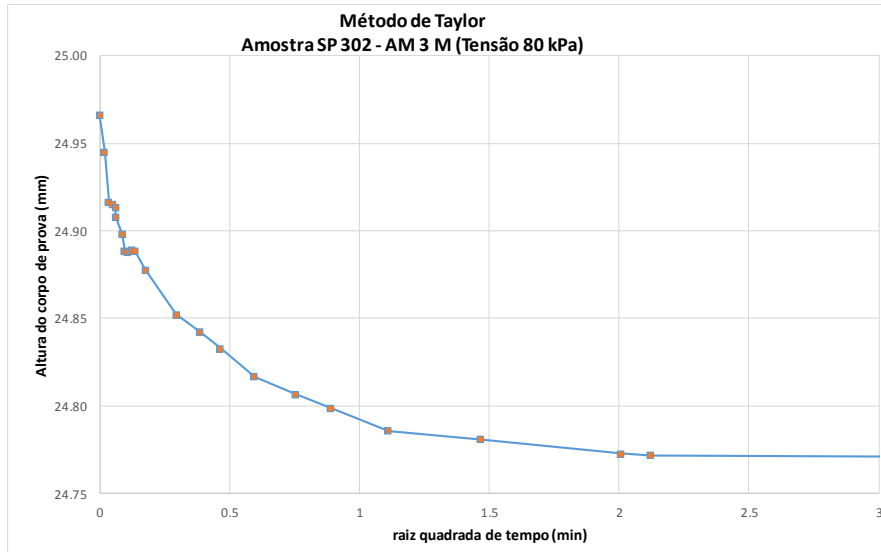
AMOSTRA SP 302 – AM 3 M

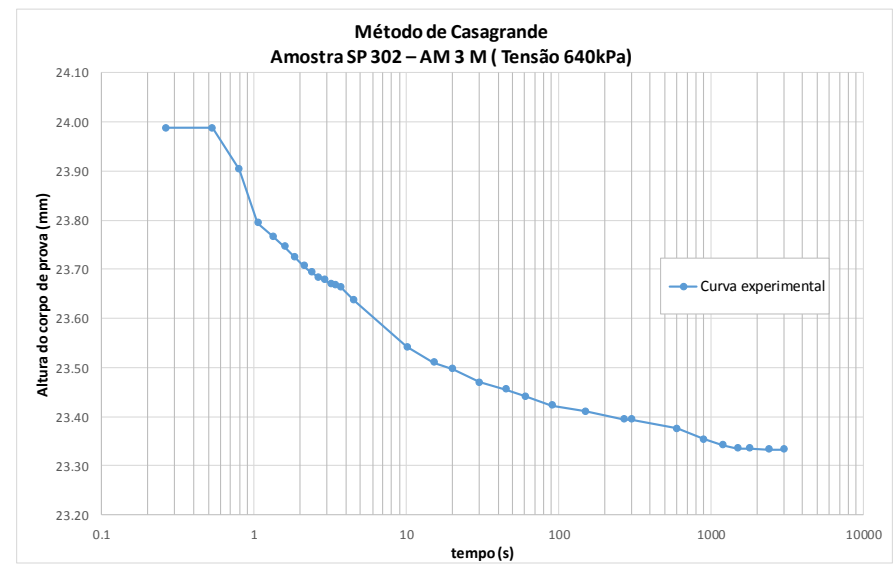
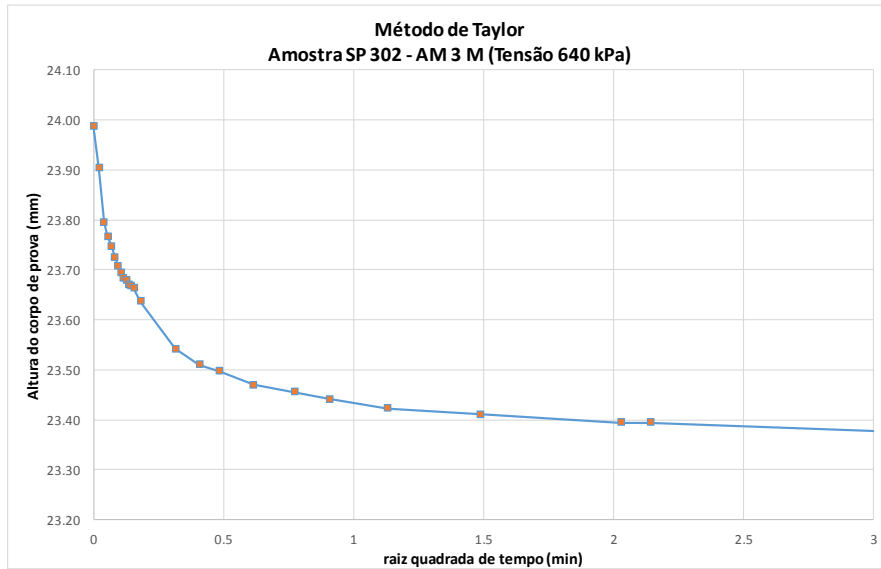
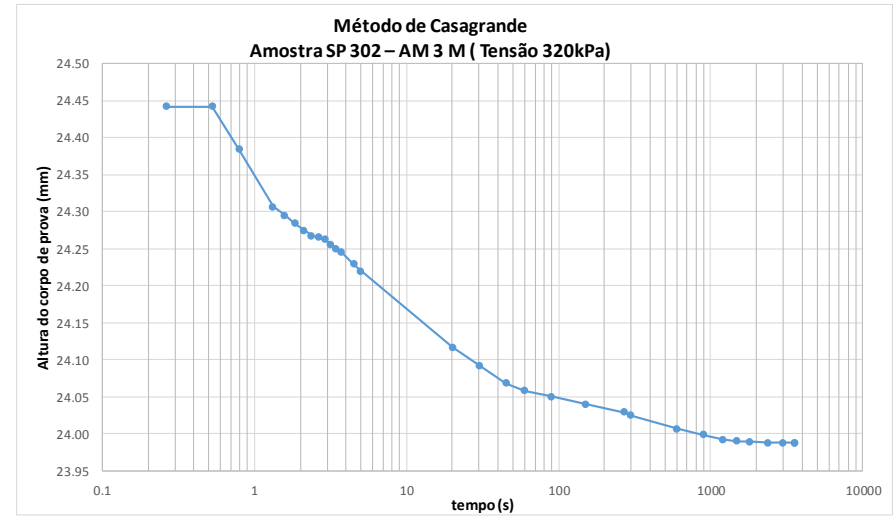
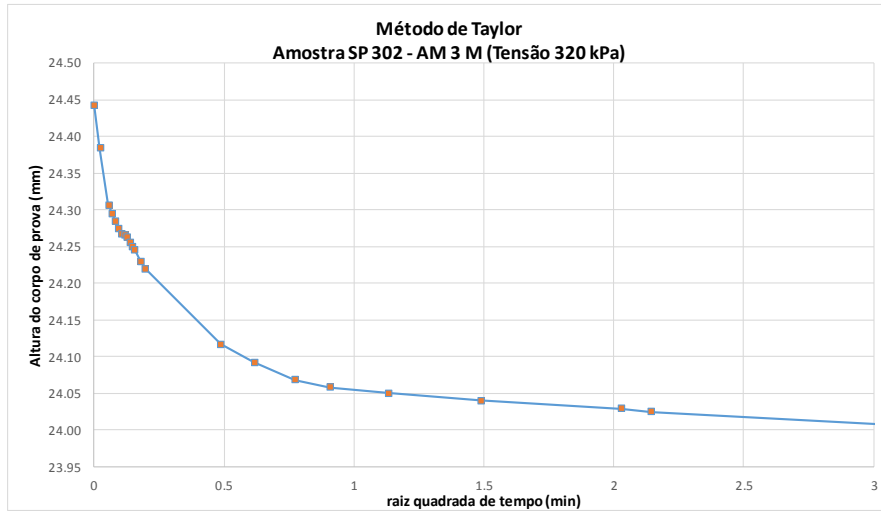
Profundidade: 3,0 a 3,80m





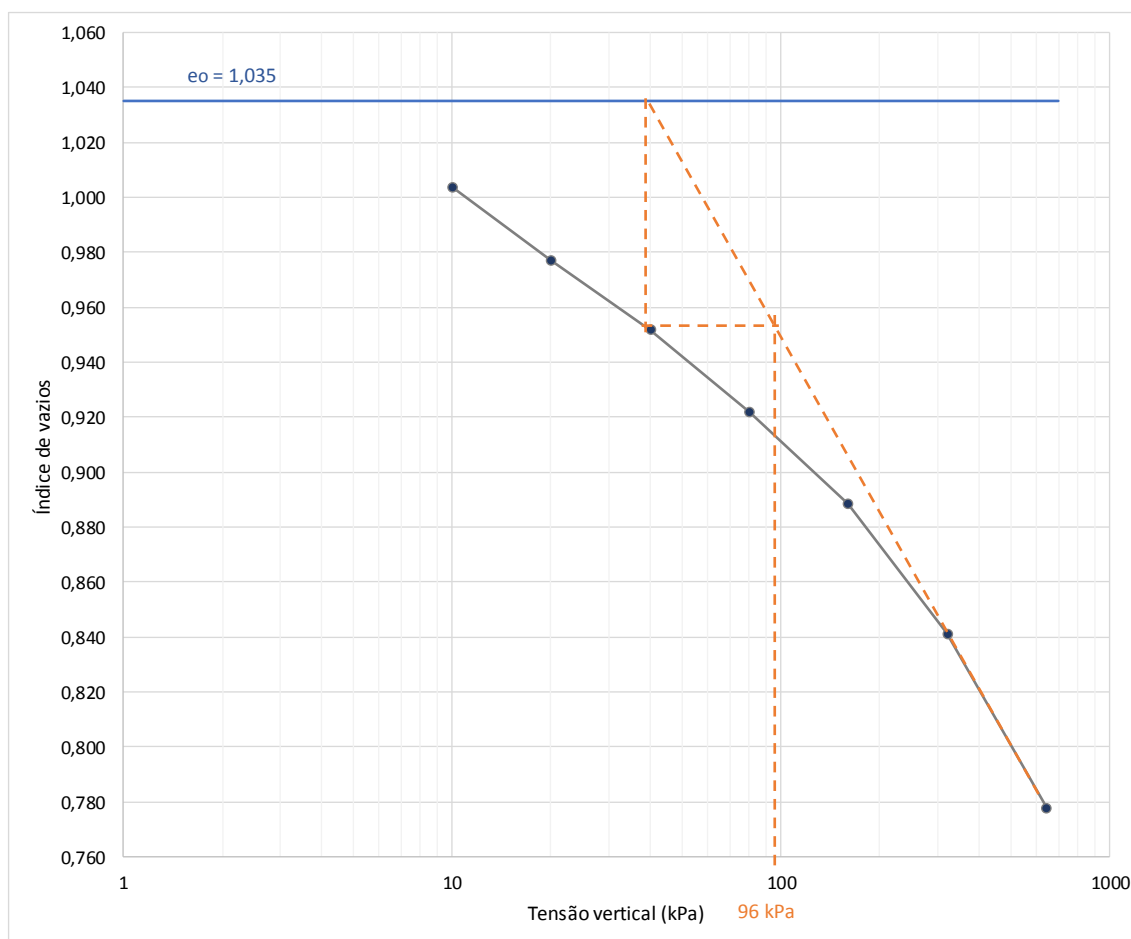


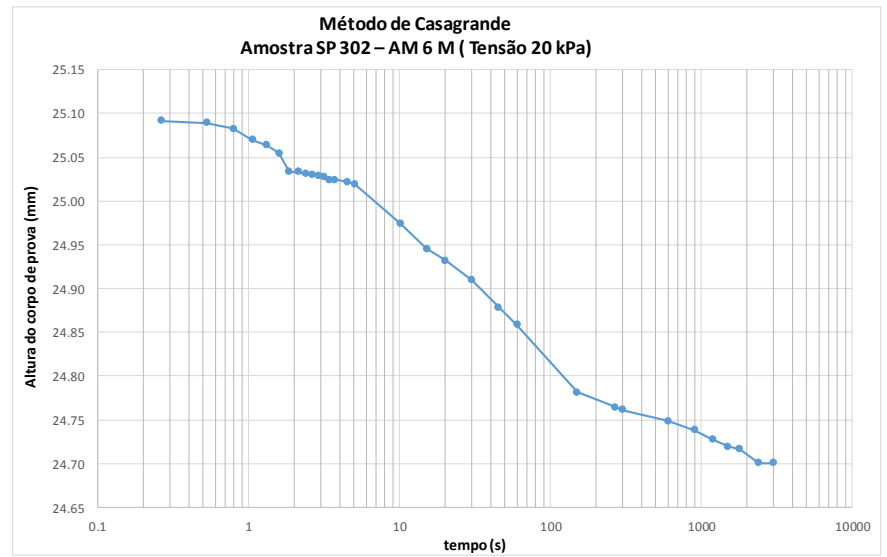
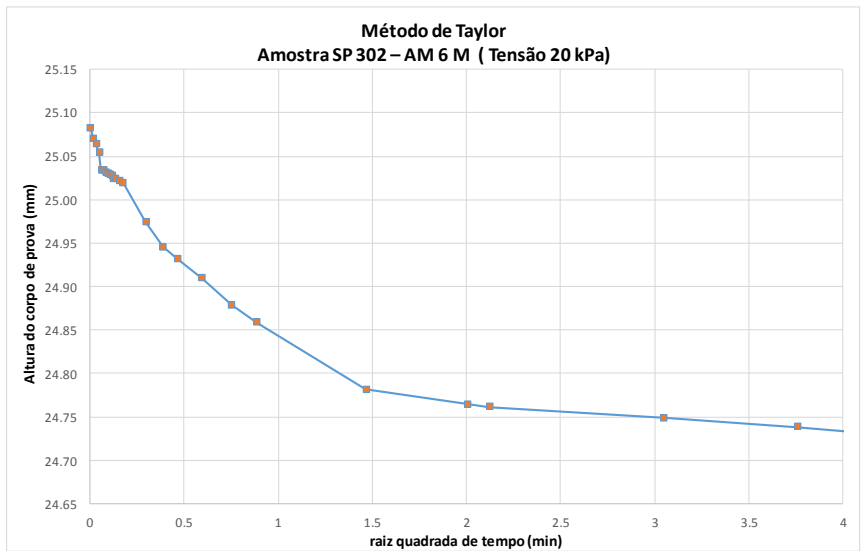
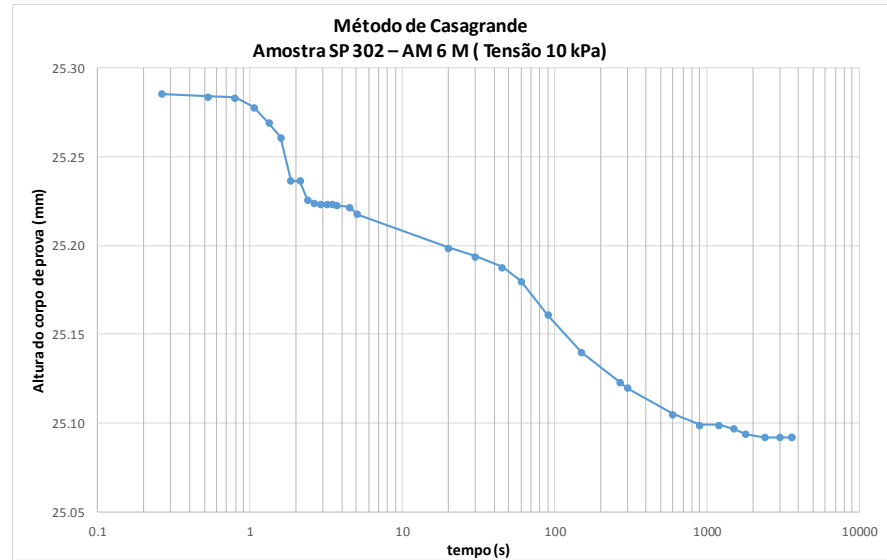
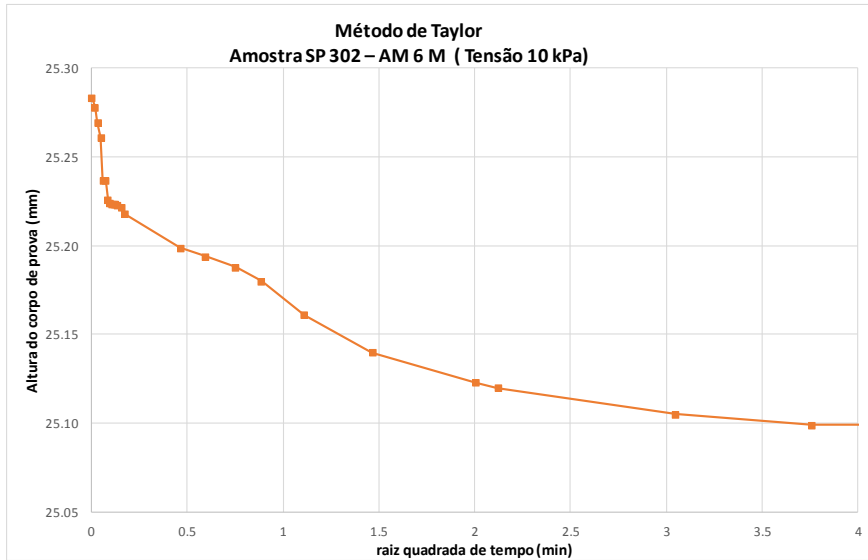


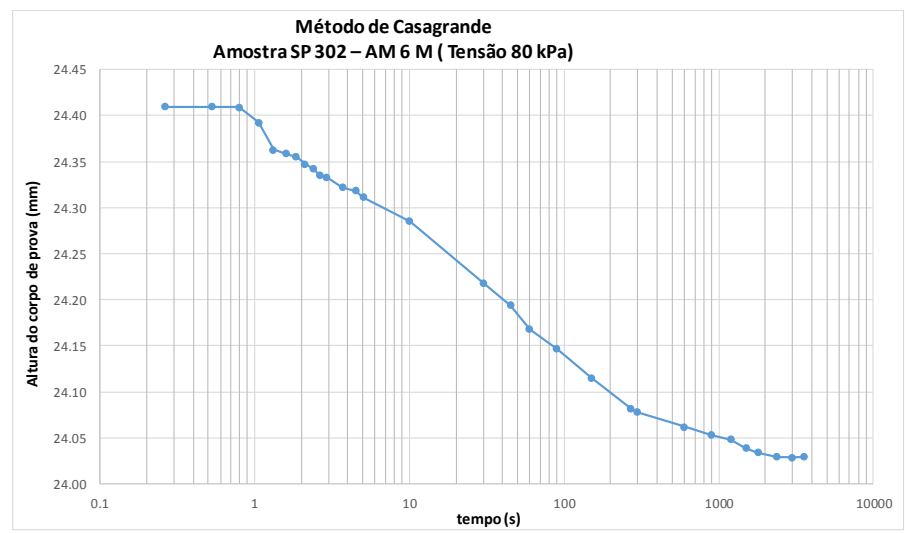
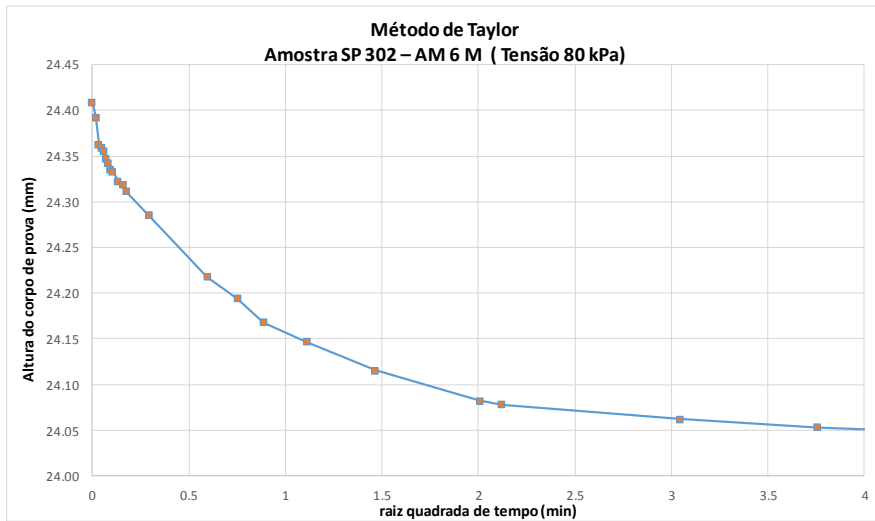
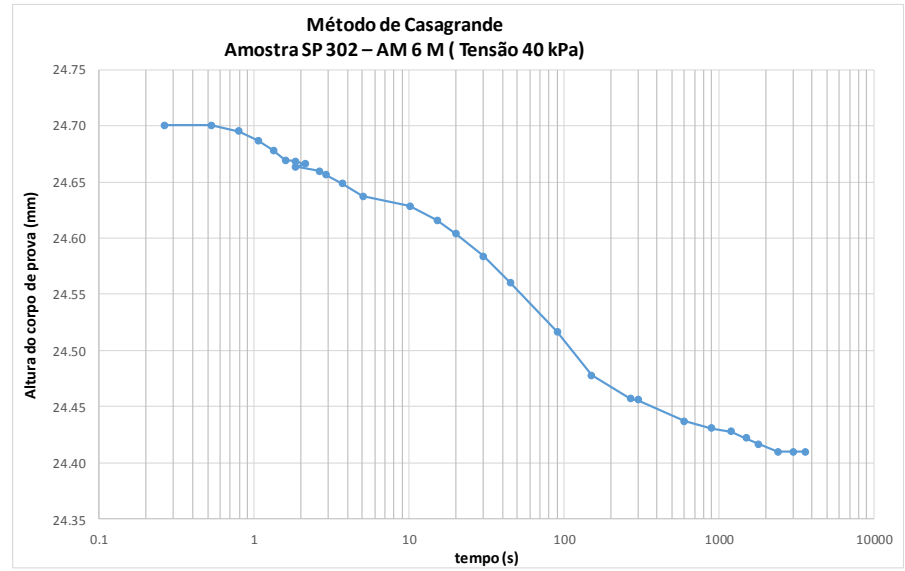
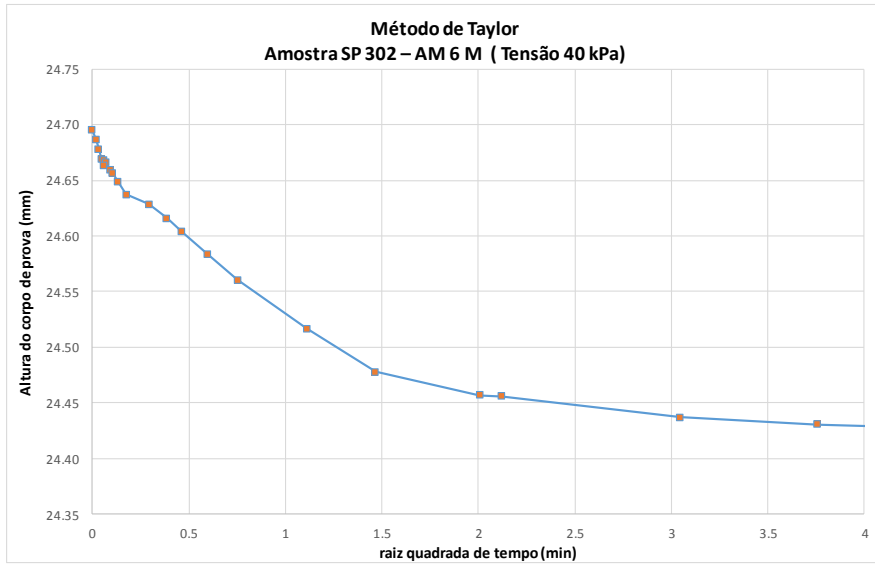


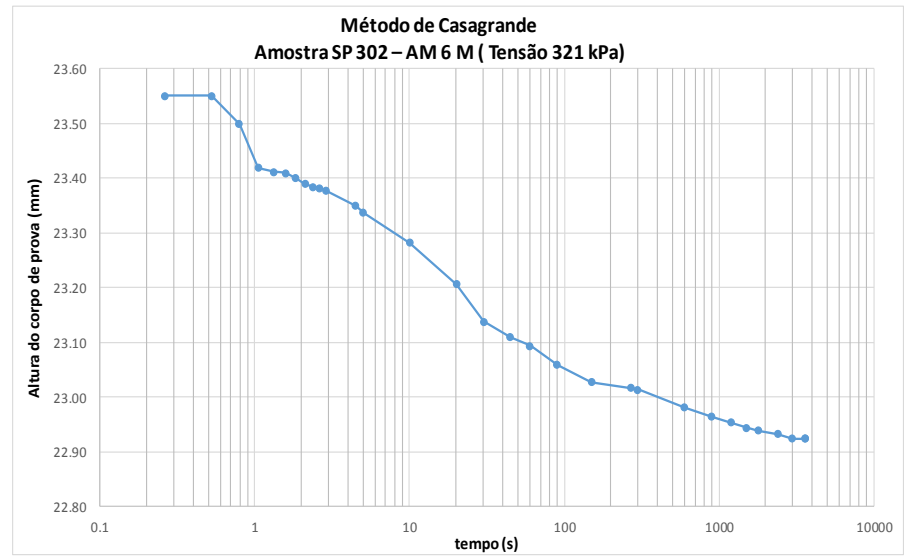
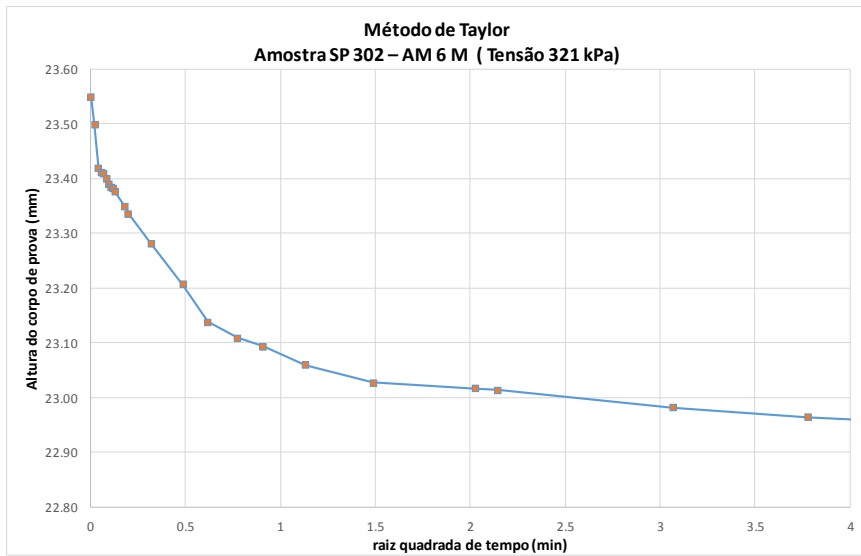
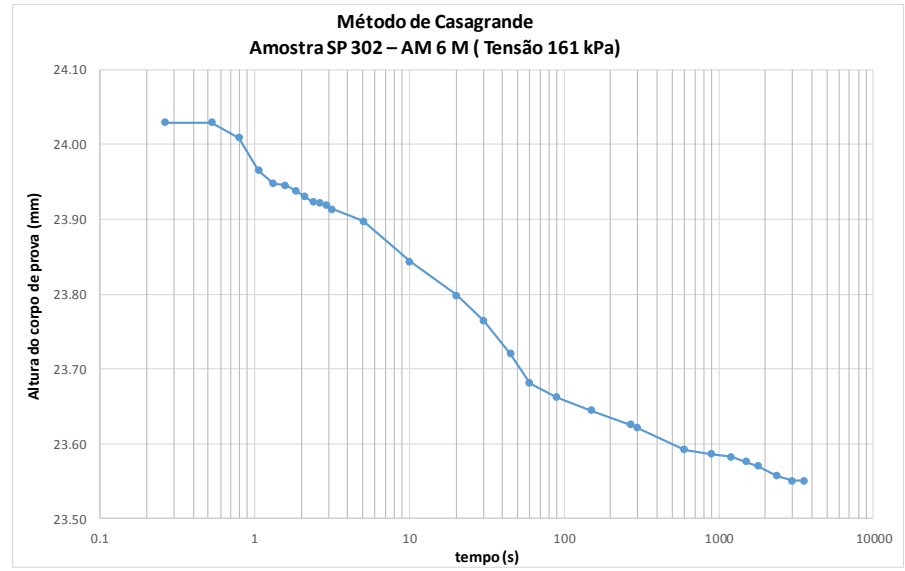
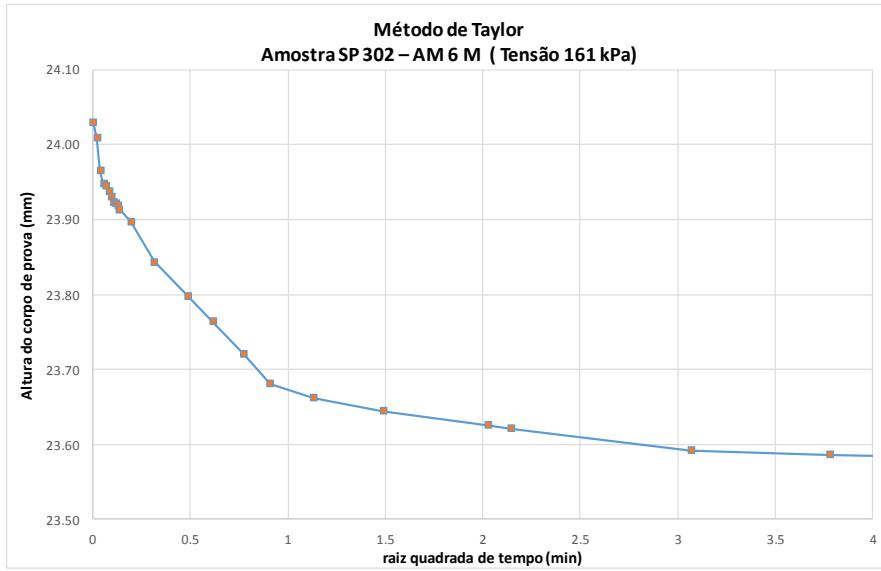
AMOSTRA SP 302 – AM 6 M

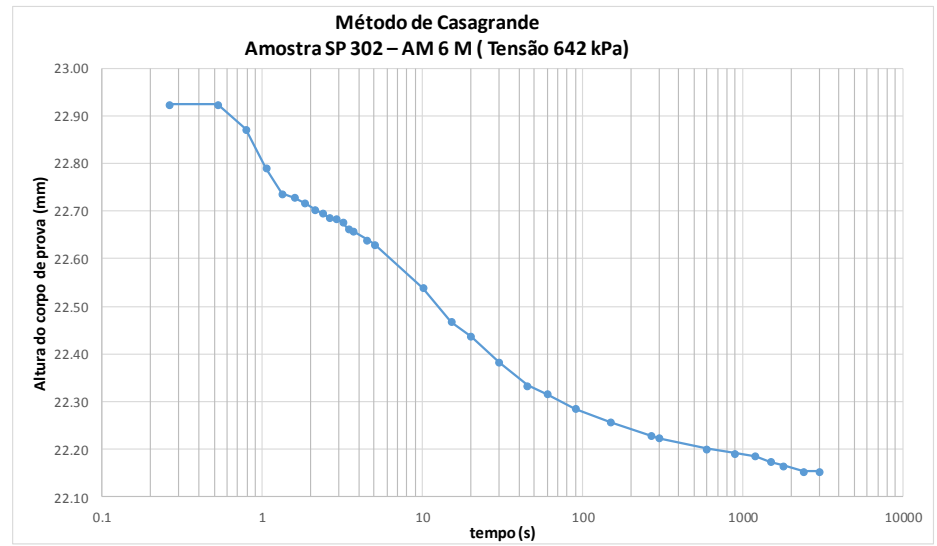
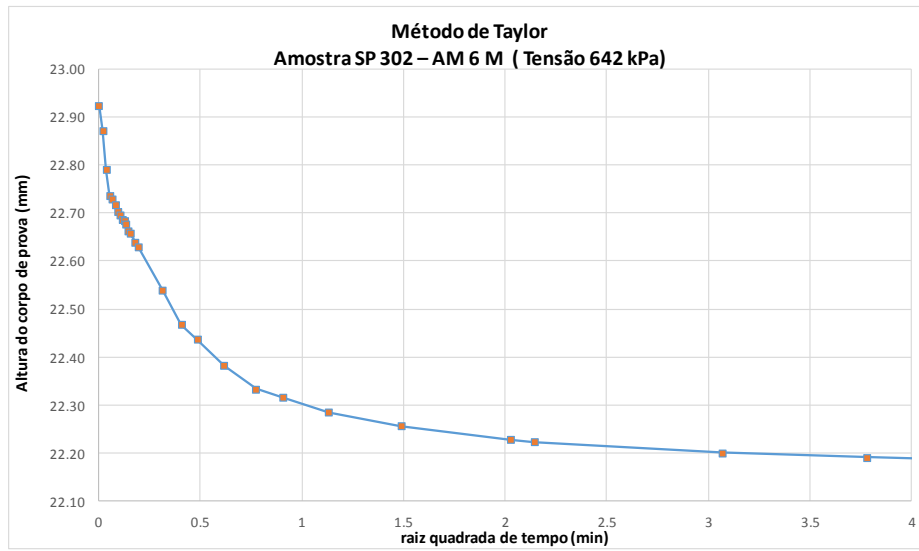
Profundidade: 9,90 a 10,6m





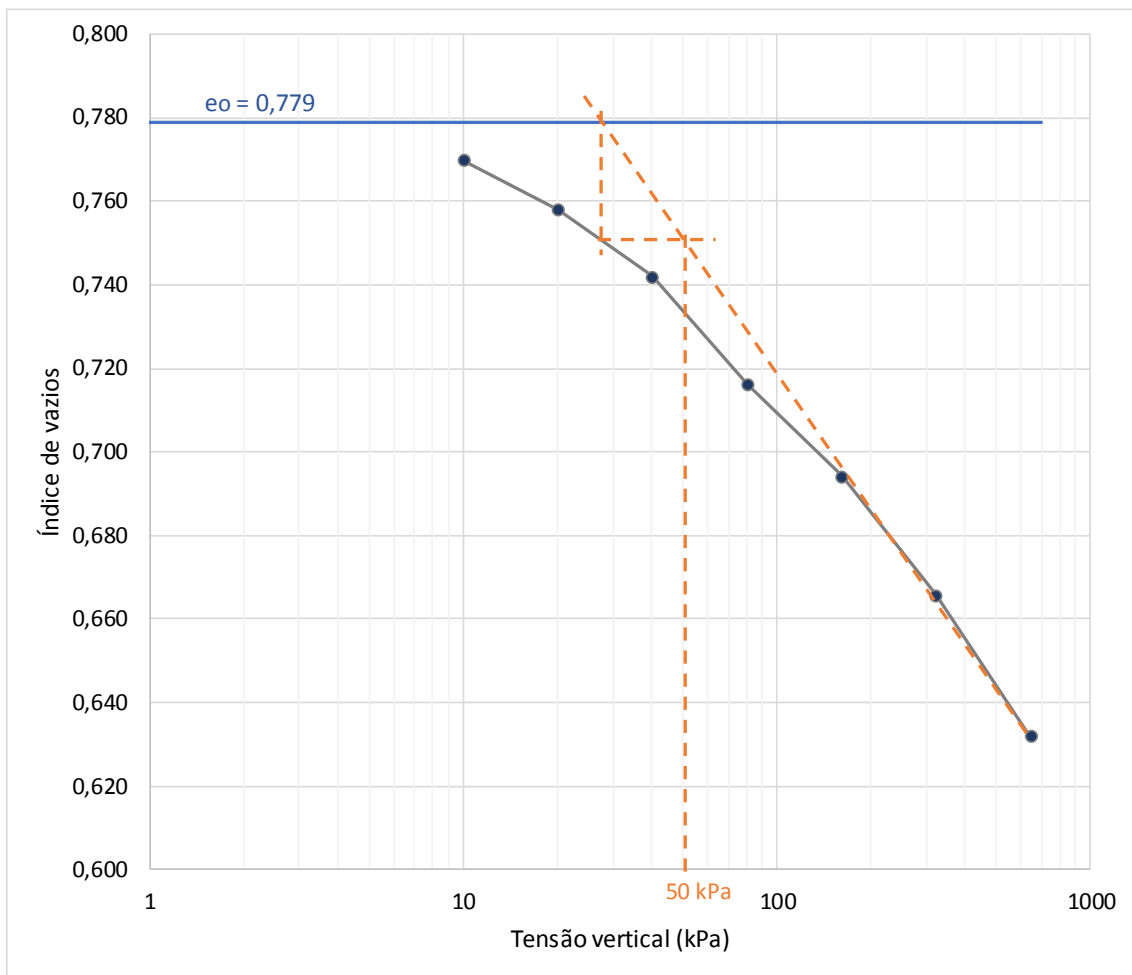


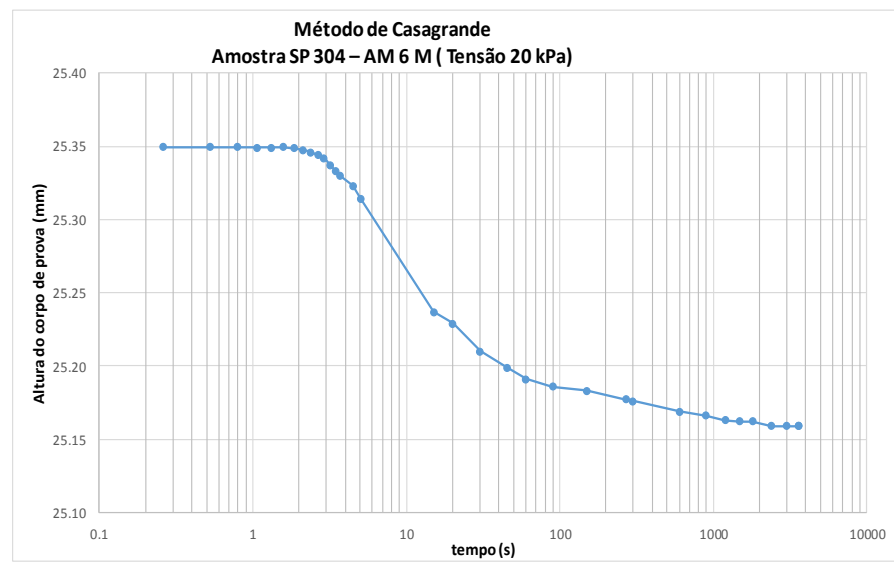
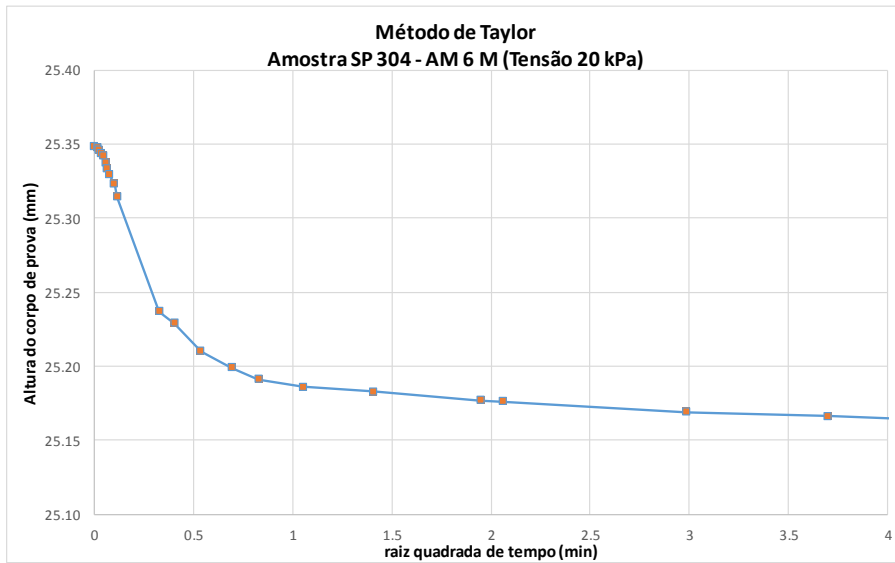
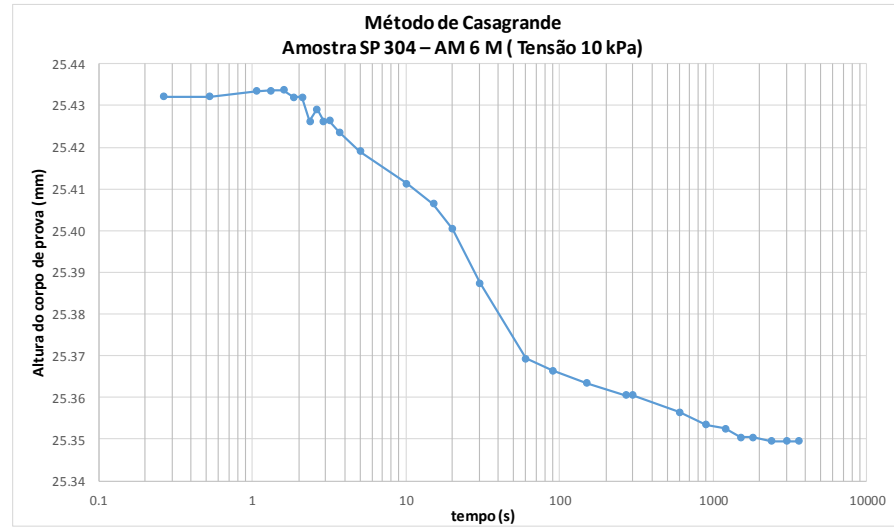
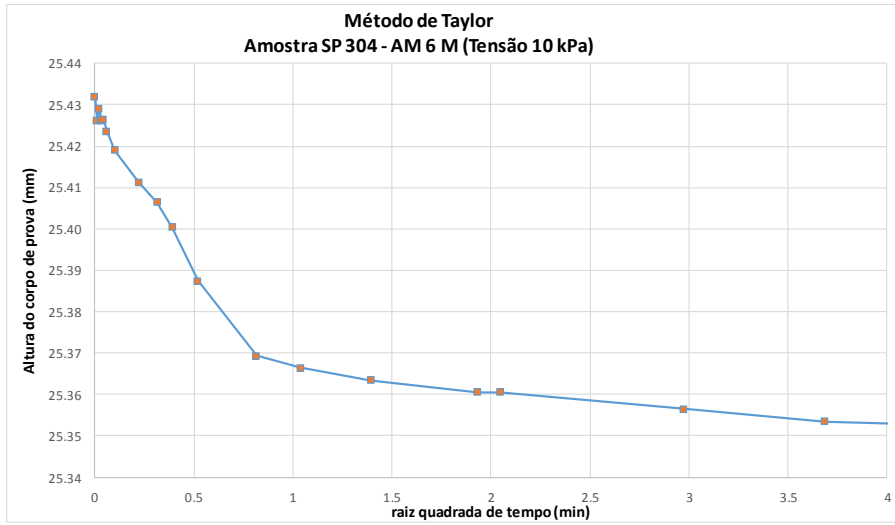


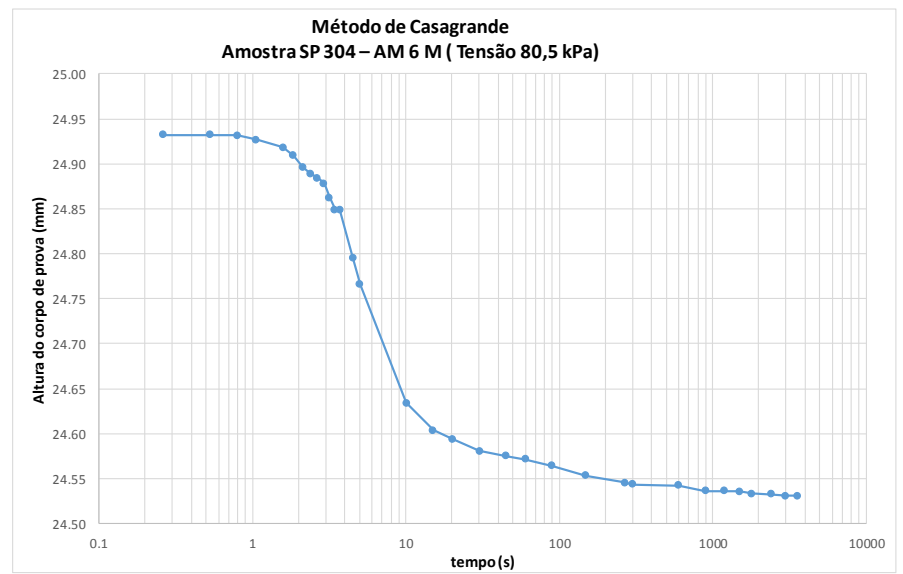
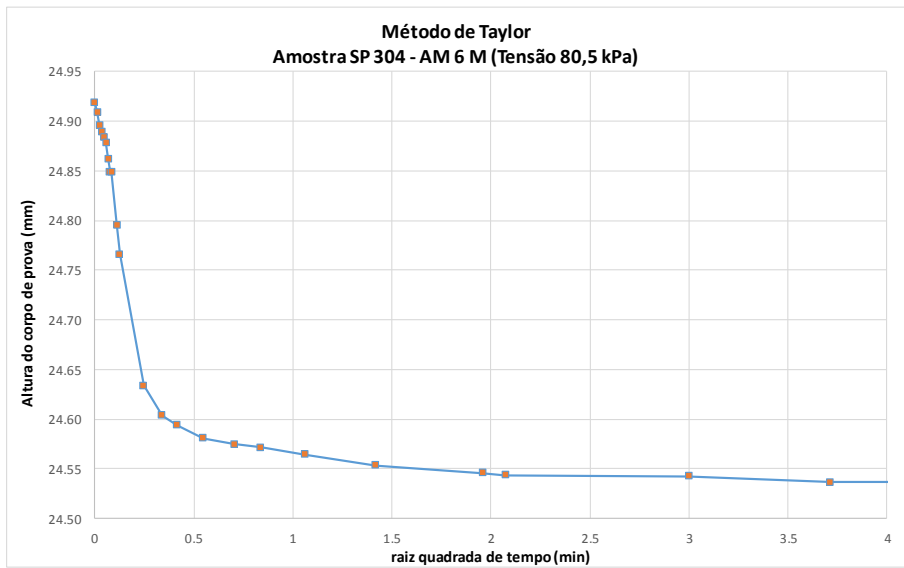
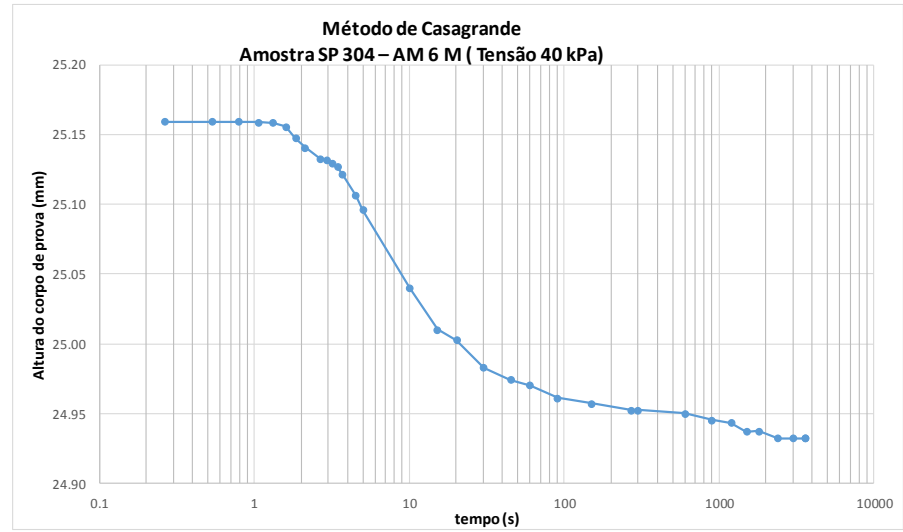
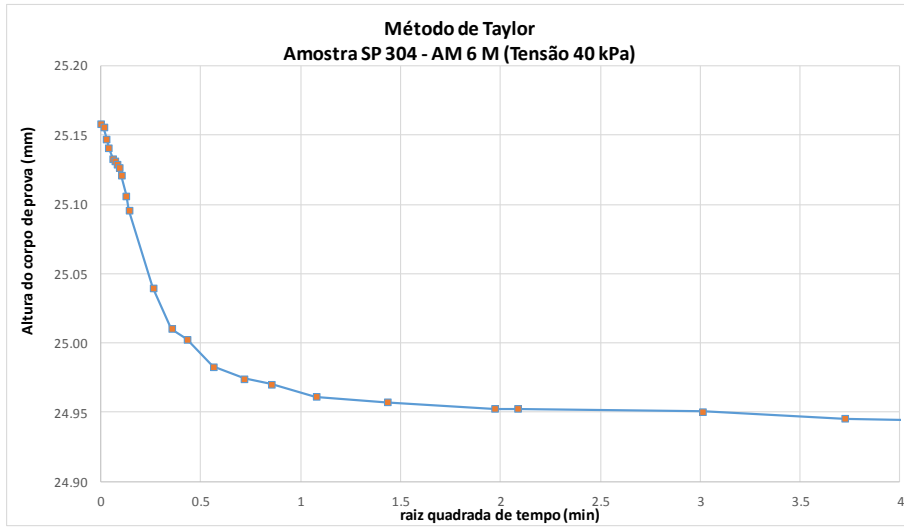


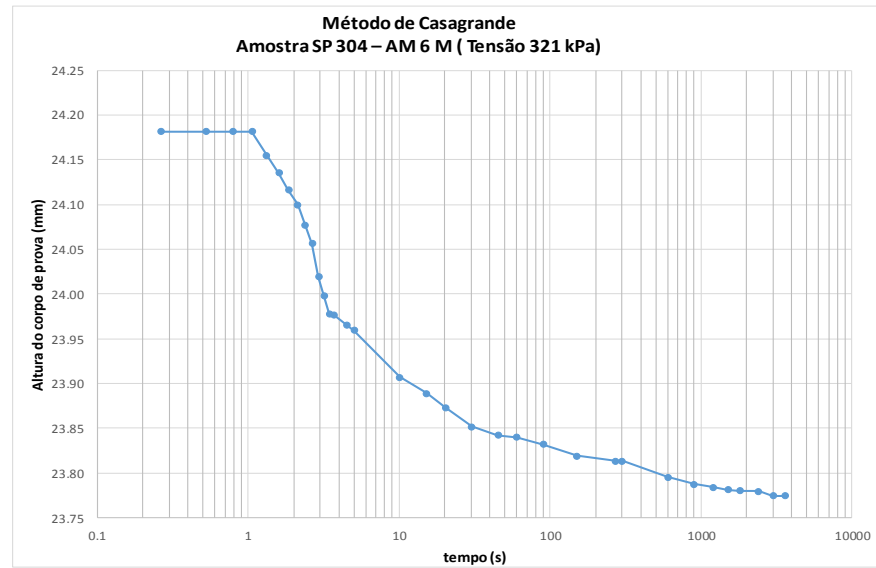
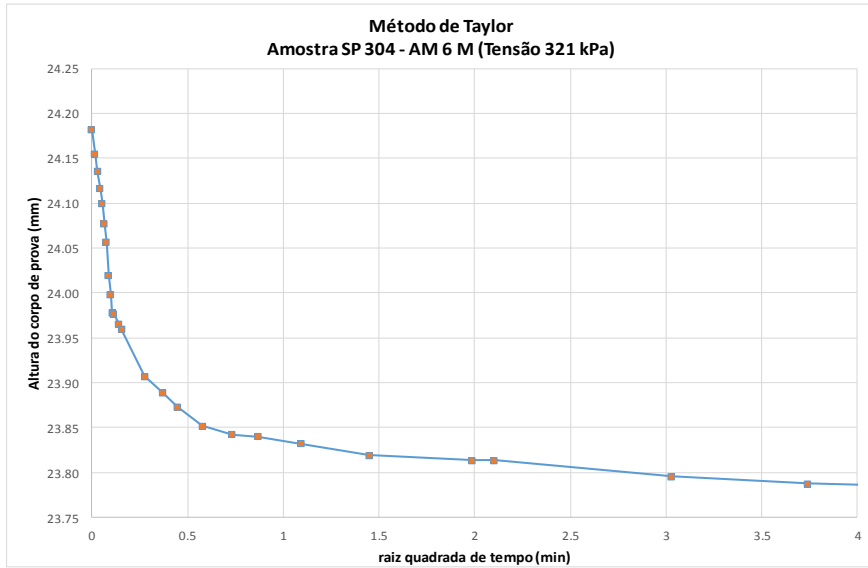
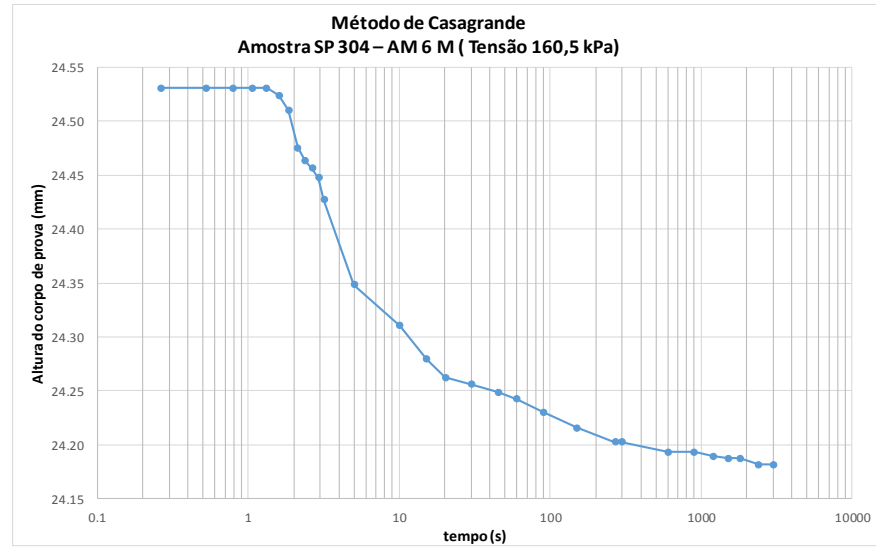
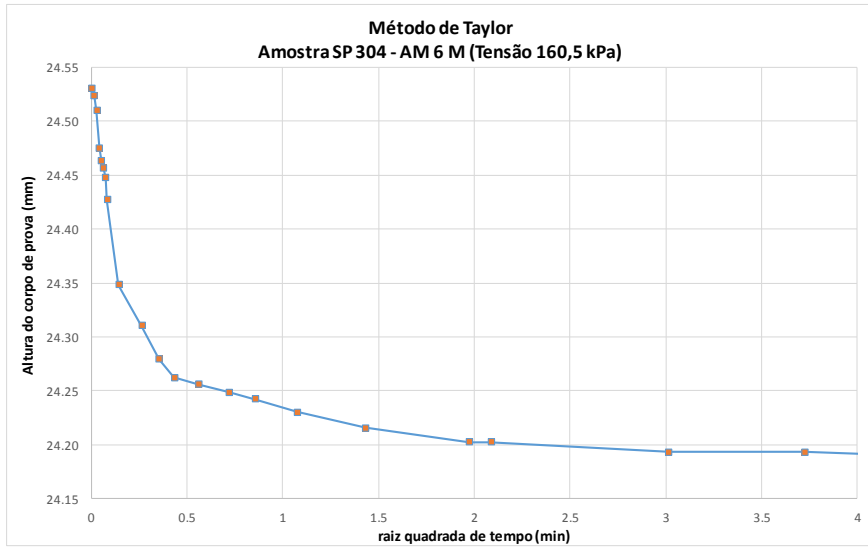
AMOSTRA SP 304 – AM 6 M

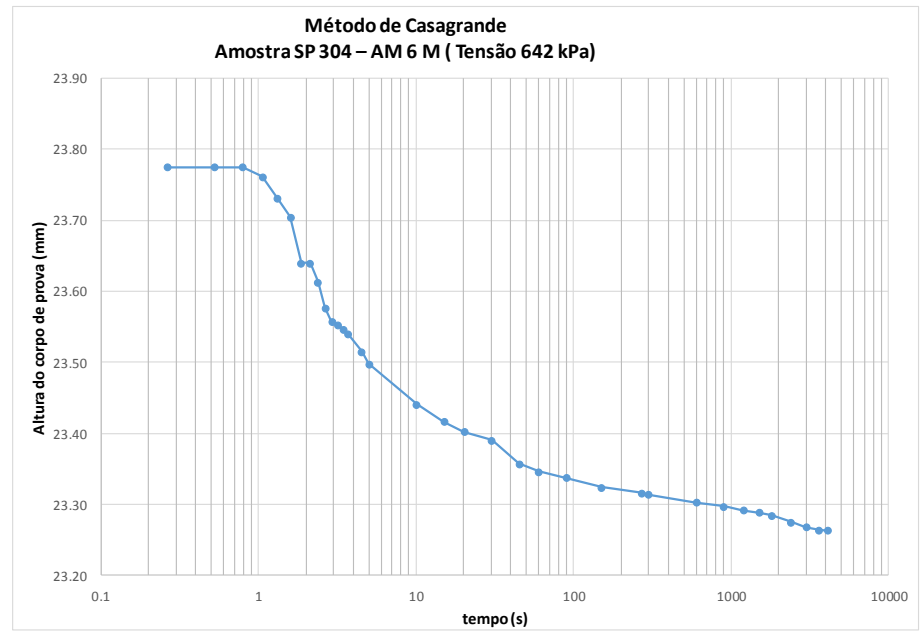
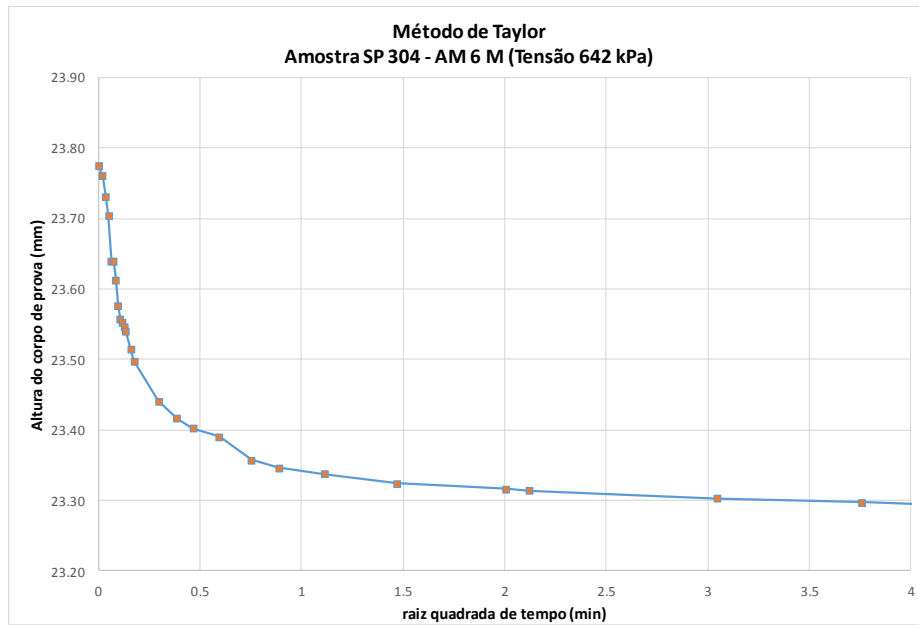
Profundidade: 14,75 a 15,45m







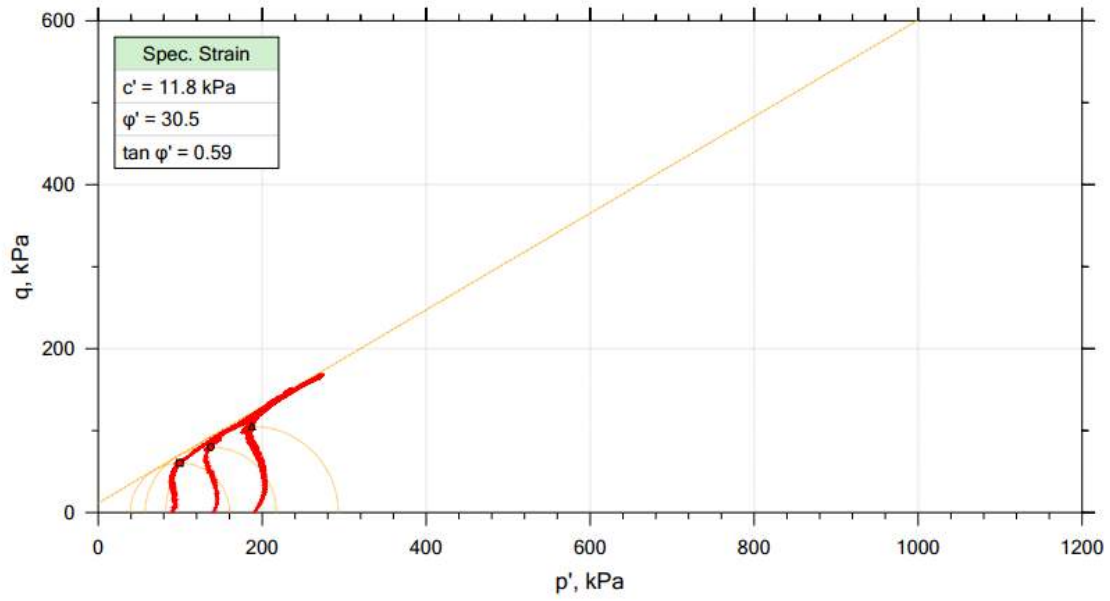




3. TRIAXIAL CIU

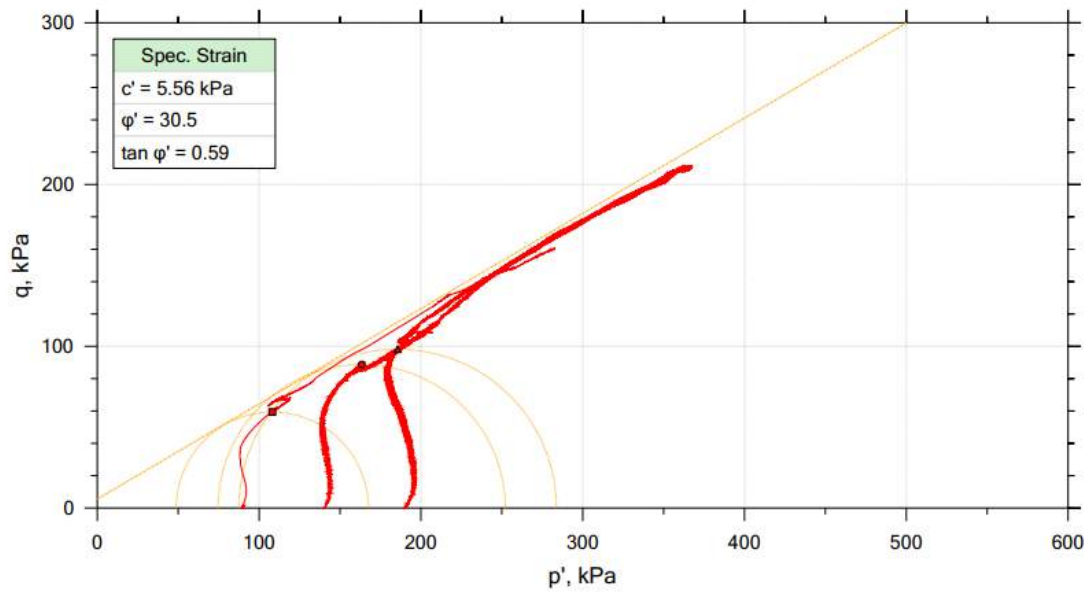
AMOSTRA SP 301 – AM 3 M

Profundidade: 7,10 a 7,80 m



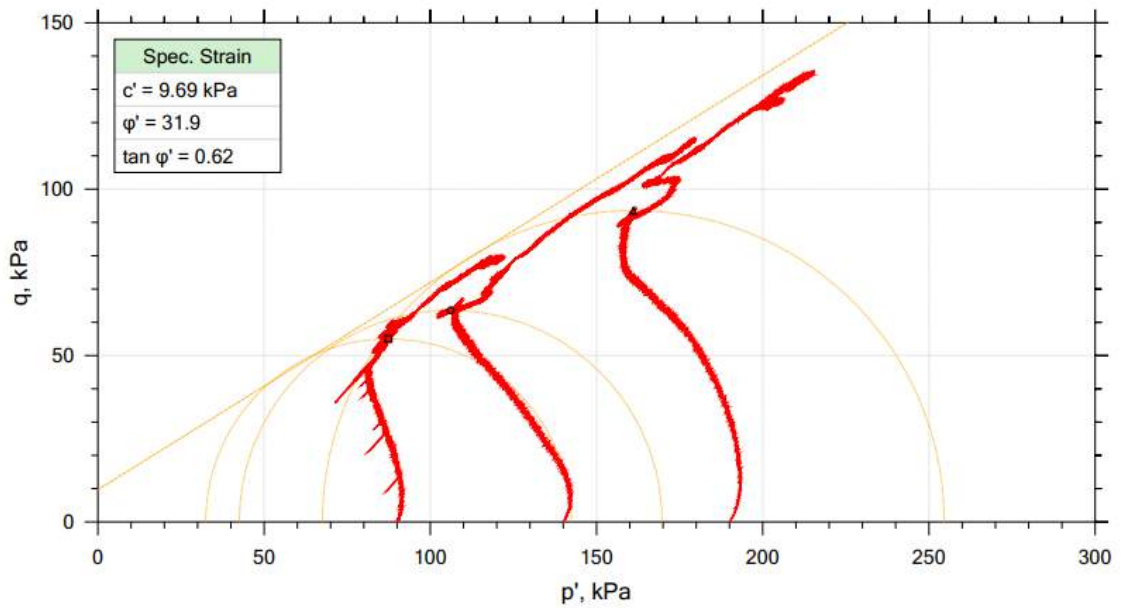
AMOSTRA SP 301 – AM 6 M

Profundidade: 10,10 a 10,80 m



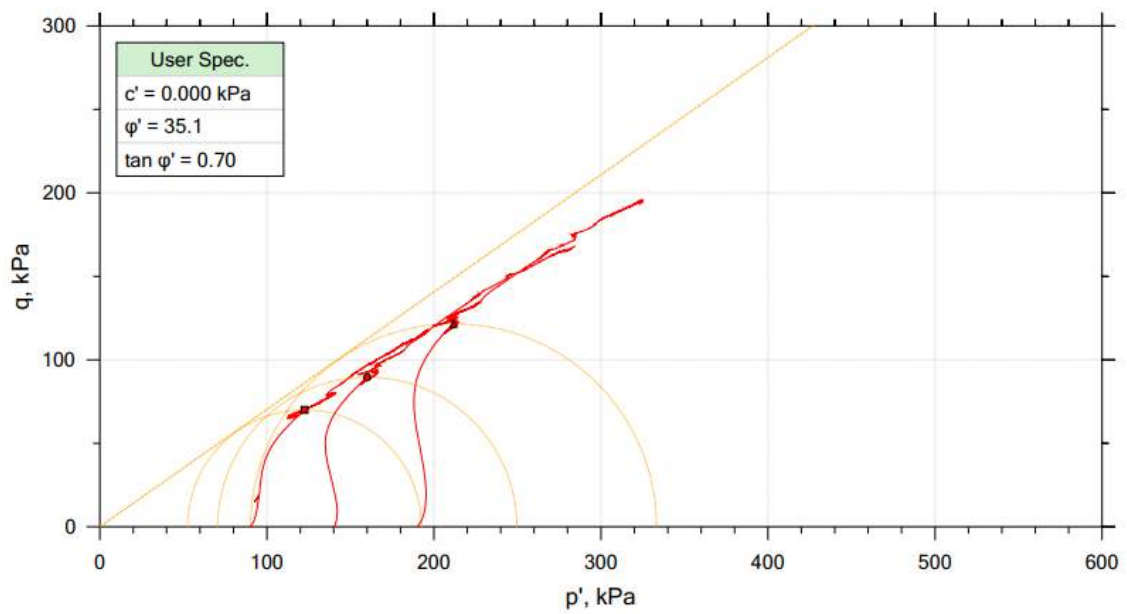
AMOSTRA SP 302 – AM 3 M

Profundidade: 3,0 a 3,80m



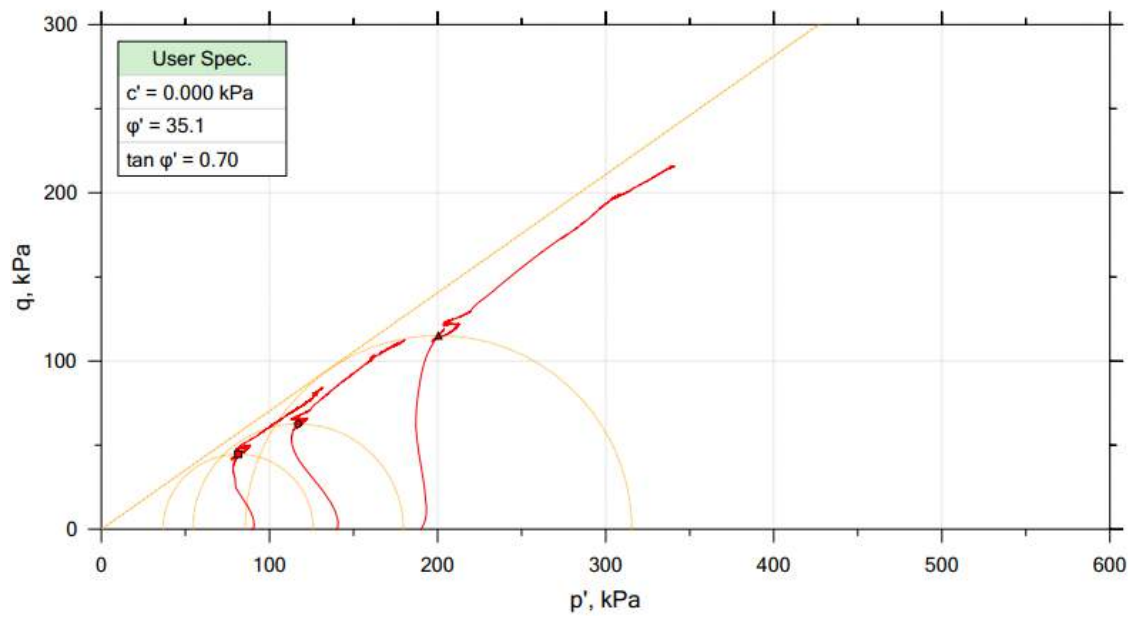
AMOSTRA SP 302 – AM 6 M

Profundidade: 9,90 a 10,6m



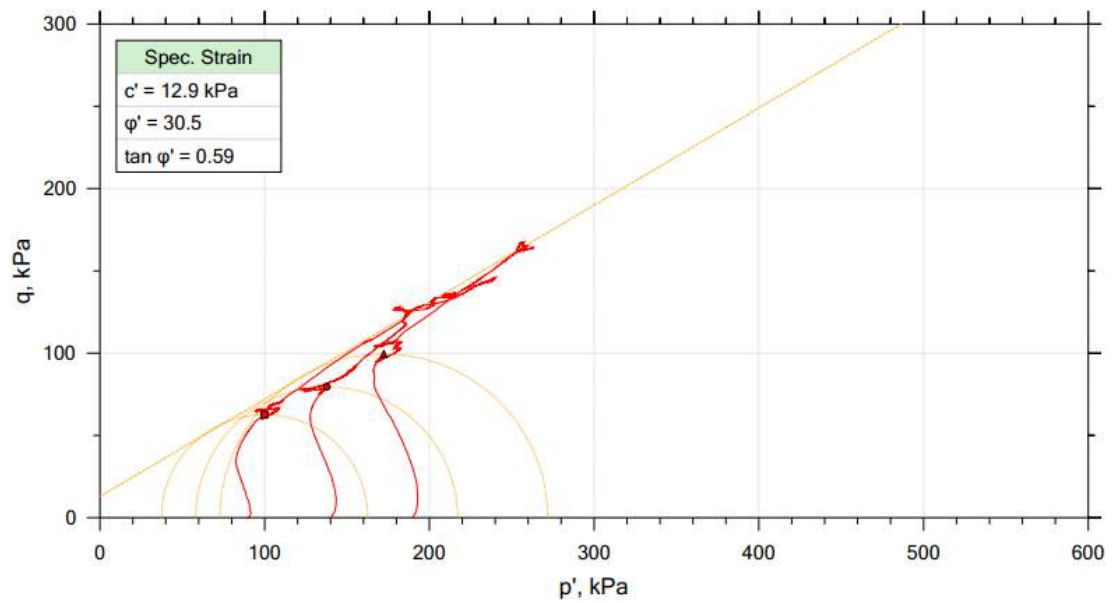
AMOSTRA SP 304 – AM 3 M

Profundidade: 11,75 a 12,45m



AMOSTRA SP 304 – AM 6 M

Profundidade: 14,75 a 15,45m



APÊNDICE A - INSTRUMENTAÇÃO

1. Leituras dos medidores de nível d'água

MEDIDOR DE NÍVEL D'ÁGUA 1			
Data	Horário	Leitura	Cota (m)
12/12/2016	08:00	13.42	49.17
13/12/2016	08:00	13.39	49.88
14/12/2016	08:00	13.36	49.91
15/12/2016	08:00	13.31	49.96
16/12/2016	16:00	13.33	49.94
17/12/2016	08:00	13.35	49.92
19/12/2016	08:00	13.24	50.03
20/12/2016	08:00	13.23	50.04
21/12/2016	08:00	13.16	50.11
22/12/2016	08:00	13.11	50.16
23/12/2016	08:00	13.08	50.19
26/12/2016	08:00	13.07	50.20
27/12/2016	08:00	13.01	50.26
28/12/2016	08:00	12.98	50.29
29/12/2016	08:00	12.94	50.33
30/12/2016	08:00	12.89	50.38
03/01/2017	08:00	12.61	50.66
04/01/2017	08:00	12.51	50.76
05/01/2017	08:00	12.45	50.82
06/01/2017	14:00	12.36	50.91
07/01/2017	15:00	12.37	50.90
09/01/2017	15:30	12.23	51.04
10/01/2017	15:00	12.25	51.02
11/01/2017	15:00	12.19	51.08
12/01/2017	14:40	12.09	51.18
13/01/2017	14:40	11.91	51.36
14/01/2017	14:00	11.78	51.49
16/01/2017	14:40	11.66	51.61
17/01/2017	15:40	11.63	51.64
18/01/2017	15:50	11.6	51.67
19/01/2017	16:00	11.6	51.67
20/01/2017	15:20	11.59	51.68
21/01/2017	11:00	11.54	51.73
23/01/2017	16:00	11.52	51.75
24/01/2017	15:00	11.51	51.76
25/01/2017	15:30	11.49	51.78
26/01/2017	16:30	11.55	51.72
28/01/2017	14:30	11.5	51.77
30/01/2017	15:30	11.42	51.85
31/01/2017	15:30	11.28	51.99
01/02/2017	15:30	11.22	52.05
02/02/2017	12:30	11.18	52.09
03/02/2017	15:30	11.17	52.10
04/02/2017	15:30	11.14	52.13
06/02/2017	15:30	11.11	52.16
08/02/2017	15:30	11.07	52.20
09/02/2017	15:30	10.97	52.30
10/02/2017	15:30	10.98	52.29
11/02/2017	15:30	10.94	52.33
13/02/2017	15:30	10.77	52.50
14/02/2017	15:30	10.74	52.53
15/02/2017	15:20	10.67	52.60
16/02/2017	15:40	10.63	52.64
17/02/2017	15:30	10.53	52.74
18/02/2017	11:00	10.45	52.82
20/02/2017	11:00	10.19	53.08
21/02/2017	14:00	10.09	53.18
22/02/2017	14:00	9.98	53.29
23/02/2017	14:00	9.94	53.33
24/02/2017	14:00	9.90	53.37
25/02/2017	14:00	9.82	53.45
27/02/2017	14:00	9.57	53.70
28/02/2017	10:30	9.42	53.85

MEDIDOR DE NÍVEL D'ÁGUA 2			
Data	Horário	Leitura	Cota (m)
12/12/2016	08:00	12.79	49.94
13/12/2016	08:00	12.72	50.01
14/12/2016	08:00	12.72	50.01
15/12/2016	08:00	12.70	50.03
16/12/2016	16:00	12.72	50.01
17/12/2016	08:00	12.73	50.00
19/12/2016	08:00	12.64	50.09
20/12/2016	08:00	12.62	50.11
21/12/2016	08:00	12.58	50.15
22/12/2016	08:00	12.54	50.19
23/12/2016	08:00	12.51	50.22
26/12/2016	08:00	12.49	50.24
27/12/2016	08:00	12.43	50.30
28/12/2016	08:00	12.41	50.32
29/12/2016	08:00	12.37	50.36
30/12/2016	08:00	12.31	50.42
03/01/2017	08:00	12.10	50.63
04/01/2017	08:00	12.03	50.70
05/01/2017	08:00	11.96	50.77
06/01/2017	14:00	11.99	50.74
07/01/2017	15:00	11.88	50.85
09/01/2017	15:30	11.74	50.99
10/01/2017	15:00	11.75	50.98
11/01/2017	15:00	11.70	51.03
12/01/2017	14:40	11.63	51.10
13/01/2017	14:40	11.47	51.26
14/01/2017	14:00	11.34	51.39
16/01/2017	14:40	11.22	51.51
17/01/2017	15:40	11.19	51.54
18/01/2017	15:50	11.16	51.57
19/01/2017	16:00	11.13	51.60
20/01/2017	15:20	11.12	51.61
21/01/2017	11:00	11.03	51.70
23/01/2017	16:00	10.97	51.76
24/01/2017	15:00	10.97	51.76
25/01/2017	15:30	10.94	51.79
26/01/2017	16:30	10.99	51.74
28/01/2017	14:30	10.95	51.78
30/01/2017	15:30	10.87	51.86
31/01/2017	15:30	10.76	51.97
01/02/2017	15:30	10.70	52.03
02/02/2017	12:30	10.66	52.07
03/02/2017	15:30	10.64	52.09
04/02/2017	15:30	10.59	52.14
06/02/2017	15:30	10.55	52.18
08/02/2017	15:30	10.52	52.21
09/02/2017	15:30	10.42	52.31
10/02/2017	15:30	10.43	52.30
11/02/2017	15:30	10.37	52.36
13/02/2017	15:30	10.23	52.50
14/02/2017	15:30	10.18	52.55
15/02/2017	15:20	10.13	52.60
16/02/2017	15:40	9.89	52.62
17/02/2017	15:30	9.82	52.69
18/02/2017	11:00	9.75	52.76
20/02/2017	11:00	9.49	53.02
21/02/2017	14:00	9.42	53.09
22/02/2017	14:00	9.32	53.19
23/02/2017	14:00	9.27	53.24
24/02/2017	14:00	9.2	53.31
25/02/2017	14:00	9.11	53.40
27/02/2017	14:00	8.88	53.63
28/02/2017	10:30	8.73	53.78

MEDIDOR DE NÍVEL D'ÁGUA 3			
Data	Horário	Leitura	Cota (m)
12/12/2016	08:00	21.02	49.20
13/12/2016	08:00	21	49.22
14/12/2016	08:00	20.96	49.26
15/12/2016	08:00	20.94	49.28
16/12/2016	16:00	20.93	49.29
17/12/2016	08:00	20.95	49.27
19/12/2016	08:00	20.89	49.33
20/12/2016	08:00	20.87	49.35
21/12/2016	08:00	20.83	49.39
22/12/2016	08:00	20.81	49.41
23/12/2016	08:00	20.78	49.44
26/12/2016	08:00	20.75	49.47
27/12/2016	08:00	20.7	49.52
28/12/2016	08:00	20.69	49.53
29/12/2016	08:00	20.66	49.56
30/12/2016	08:00	20.6	49.62
03/01/2017	08:00	20.44	49.78
04/01/2017	08:00	20.36	49.86
05/01/2017	08:00	20.3	49.92
06/01/2017	14:00	20.21	50.01
07/01/2017	15:00	20.22	50.00
09/01/2017	15:30	20.08	50.14
10/01/2017	15:00	20.09	50.13
11/01/2017	15:00	20.05	50.17
12/01/2017	14:40	19.99	50.23
13/01/2017	14:40	19.87	50.35
14/01/2017	14:00	19.77	50.45
16/01/2017	14:40	19.64	50.58
17/01/2017	15:40	19.57	50.65
18/01/2017	15:50	19.55	50.67
19/01/2017	16:00	19.51	50.71
20/01/2017	15:20	19.48	50.74
21/01/2017	11:00	19.45	50.77
23/01/2017	16:00	19.35	50.87
24/01/2017	15:00	19.37	50.85
25/01/2017	15:30	19.32	50.90
26/01/2017	16:30	19.38	50.84
28/01/2017	14:30	19.34	50.88
30/01/2017	15:30	19.25	50.97
31/01/2017	15:30	19.16	51.06
01/02/2017	15:30	19.1	51.12
02/02/2017	12:30	19.06	51.16
03/02/2017	15:30	19.02	51.20
04/02/2017	15:30	18.98	51.24
06/02/2017	15:30	18.93	51.29
08/02/2017	15:30	18.9	51.32
09/02/2017	15:30	18.81	51.41
10/02/2017	15:30	18.8	51.42
11/02/2017	15:30	18.76	51.46
13/02/2017	15:30	18.62	51.60
14/02/2017	15:30	18.59	51.63
15/02/2017	15:20	18.51	51.71
16/02/2017	15:40	18.46	51.76
17/02/2017	15:30	18.38	51.84
18/02/2017	11:00	18.34	51.88
20/02/2017	11:00	18.11	52.11
21/02/2017	14:00	18.05	52.17
22/02/2017	14:00	17.94	52.28
23/02/2017	14:00	17.87	52.35
24/02/2017	14:00	17.8	52.42
25/02/2017	14:00	17.71	52.51
27/02/2017	14:00	17.51	52.71
28/02/2017	10:30	17.36	52.86

MEDIDOR DE NÍVEL D'ÁGUA 1			
Data	Horário	Leitura	Cota (m)
01/03/2017	10:30	9.32	53.95
02/03/2017	10:30	9.18	54.09
03/03/2017	10:30	9.09	54.18
04/03/2017	10:30	9.00	54.27
06/03/2017	10:30	8.83	54.44
07/03/2017	10:30	8.74	54.53
08/03/2017	10:30	8.62	54.65
09/03/2017	10:30	8.54	54.73
10/03/2017	10:30	8.43	54.84
13/03/2017	10:30	8.28	54.99
14/03/2017	10:30	8.25	55.02
15/03/2017	10:30	8.18	55.09
16/03/2017	10:00	8.15	55.12
17/03/2017	10:00	8.09	55.18
18/03/2017	10:40	8.02	55.25
20/03/2017	09:30	7.93	55.34
21/03/2017	10:45	7.85	55.42
22/03/2017	13:30	7.73	55.54
23/03/2017	11:30	7.63	55.64
24/03/2017	11:00	7.55	55.72
25/03/2017	10:50	7.50	55.77
27/03/2017	10:30	7.42	55.85
28/03/2017	08:00	7.39	55.88
29/03/2017	11:45	7.34	55.93
30/03/2017	10:45	7.30	55.97
31/03/2017	11:15	7.30	55.97
01/04/2017	11:50	7.27	56.00
03/04/2017	11:25	7.18	56.09
08/04/2017	10:45	7.05	56.22
10/04/2017	08:00	6.93	56.34
17/04/2017	11:00	6.72	56.55
24/04/2017	09:00	6.79	56.48
01/05/2017	08:00	6.82	56.45
08/05/2017	08:00	7.26	56.01
15/05/2017	11:30	7.84	55.43
22/05/2017	11:40	7.73	55.54
29/05/2017	10:40	7.86	55.41
05/06/2017	10:40	7.95	55.32
07/06/2017	11:50	8.29	54.98
12/06/2017	10:50	8.87	54.40
19/06/2017	10:50	9.07	54.20
26/06/2017	11:50	9.44	53.83
03/07/2017	11:50	10.08	53.19
11/07/2017	11:50	10.43	52.84
17/07/2017	11:50	10.94	52.33
24/07/2017	13:00	11.39	51.88
31/07/2017	11:00	11.62	51.65
07/08/2017	09:00	12	51.27
14/08/2017	09:00	12.34	50.93
21/08/2017	09:00	12.61	50.66
28/08/2017	11:00	12.51	50.76
04/09/2017	11:00	12.84	50.43
11/09/2017	11:00	13.14	50.13
18/09/2017	11:00	13.24	50.03
25/09/2017	11:00	13.20	50.07

MEDIDOR DE NÍVEL D'ÁGUA 2			
Data	Horário	Leitura	Cota (m)
01/03/2017	10:30	8.61	53.90
02/03/2017	10:30	8.5	54.01
03/03/2017	10:30	8.4	54.11
04/03/2017	10:30	8.32	54.19
06/03/2017	10:30	8.14	54.37
07/03/2017	10:30	8.06	54.45
08/03/2017	10:30	7.94	54.57
09/03/2017	10:30	7.84	54.67
10/03/2017	10:30	7.76	54.75
13/03/2017	10:30	7.57	54.94
14/03/2017	10:30	7.53	54.98
15/03/2017	10:30	7.47	55.04
16/03/2017	10:00	7.4	55.11
17/03/2017	10:00	7.37	55.14
18/03/2017	10:40	7.3	55.21
20/03/2017	09:30	7.22	55.29
21/03/2017	10:45	7.14	55.37
22/03/2017	13:30	7.01	55.50
23/03/2017	11:30	6.89	55.62
24/03/2017	11:00	6.81	55.70
25/03/2017	10:50	6.75	55.76
27/03/2017	10:30	6.65	55.86
28/03/2017	08:00	6.63	55.88
29/03/2017	11:45	6.59	55.92
30/03/2017	10:45	6.53	55.98
31/03/2017	11:15	6.52	55.99
01/04/2017	11:50	6.49	56.02
03/04/2017	11:25	6.39	56.12
08/04/2017	10:45	6.27	56.24
10/04/2017	08:00	6.15	56.36
17/04/2017	11:00	5.95	56.56
24/04/2017	09:00	6.02	56.49
01/05/2017	08:00	6.04	56.47
08/05/2017	08:00	5.6	56.91
15/05/2017	11:30	7.02	55.49
22/05/2017	11:40	6.92	55.59
29/05/2017	10:40	7.07	55.44
30/05/2017	10:40	7.18	55.33
05/06/2017	11:50	7.48	55.03
12/06/2017	10:50	8.45	54.06
19/06/2017	10:50	8.23	54.28
26/06/2017	11:50	8.6	53.91
03/07/2017	11:50	9.17	53.34
11/07/2017	11:50	9.5	53.01
17/07/2017	11:50	9.97	52.54
24/07/2017	13:00	10.41	52.10
31/07/2017	11:00	10.62	51.89
07/08/2017	09:00	10.99	51.52
14/08/2017	09:00	11.34	51.17
21/08/2017	09:00	11.61	50.90
28/08/2017	11:00	11.55	50.96
04/09/2017	11:00	11.79	50.72
11/09/2017	11:00	12.07	50.44
18/09/2017	11:00	12.21	50.30
25/09/2017	11:00	12.19	50.32

MEDIDOR DE NÍVEL D'ÁGUA 3			
Data	Horário	Leitura	Cota (m)
01/03/2017	10:30	17.24	52.98
02/03/2017	10:30	17.13	53.09
03/03/2017	10:30	17.03	53.19
04/03/2017	10:30	16.95	53.27
06/03/2017	10:30	16.75	53.47
07/03/2017	10:30	16.66	53.56
08/03/2017	10:30	16.55	53.67
09/03/2017	10:30	16.45	53.77
10/03/2017	10:30	16.36	53.86
13/03/2017	10:30	16.17	54.05
14/03/2017	10:30	16.14	54.08
15/03/2017	10:30	16.05	54.17
16/03/2017	10:00	15.97	54.25
17/03/2017	10:00	15.94	54.28
18/03/2017	10:40	15.87	54.35
20/03/2017	09:30	15.79	54.43
21/03/2017	10:45	15.7	54.52
22/03/2017	13:30	15.6	54.62
23/03/2017	11:30	15.48	54.74
24/03/2017	11:00	15.41	54.81
25/03/2017	10:50	15.33	54.89
27/03/2017	10:30	15.24	54.98
28/03/2017	08:00	15.23	54.99
29/03/2017	11:45	15.15	55.07
30/03/2017	10:45	15.09	55.13
31/03/2017	11:15	15.07	55.15
01/04/2017	11:50	15.03	55.19
03/04/2017	11:25	14.95	55.27
08/04/2017	10:45	14.82	55.40
10/04/2017	08:00	14.71	55.51
17/04/2017	11:00	14.52	55.70
24/04/2017	09:00	14.54	55.68
01/05/2017	08:00	14.57	55.65
08/05/2017	08:00	14.13	56.09
15/05/2017	11:30	15.5	54.72
22/05/2017	11:40	15.43	54.79
29/05/2017	10:40	15.54	54.68
30/05/2017	10:40	15.64	54.58
05/06/2017	11:50	15.84	54.38
12/06/2017	10:50	16.46	53.76
19/06/2017	11:50	16.65	53.57
26/06/2017	11:50	17.02	53.20
03/07/2017	11:50	17.59	52.63
11/07/2017	11:50	17.94	52.28
17/07/2017	13:00	18.39	51.83
24/07/2017	11:00	18.83	51.39
31/07/2017	09:00	18.95	51.27
07/08/2017	09:00	19.29	50.93
14/08/2017	09:00	19.62	50.60
21/08/2017	11:00	19.89	50.33
28/08/2017	11:00	19.83	50.39
04/09/2017	11:00	20	50.22
11/09/2017	11:00	20.26	49.96
18/09/2017	11:00	20.42	49.80
25/09/2017	11:00	20.42	49.80

2. Leitura dos piezômetros

PIEZÔMETRO 1									
PIEZÔMETRO 1A					PIEZÔMETRO 1B				
Data	Horário	carga piez. (m.c.a.)	u (kPa)	cota piez. (m)	Data	Horário	carga piez. (m.c.a.)	u (kPa)	cota piez. (m)
12/12/2016	08:20	10.34	103.40	48.99	12/12/2016	16:30	6.47	64.70	50.12
13/12/2016	08:20	10.43	104.30	49.08	13/12/2016	08:20	5.35	53.50	49.00
14/12/2016	08:20	10.41	104.10	49.06	14/12/2016	08:20	5.37	53.70	49.02
15/12/2016	16:00	10.40	104.00	49.05	15/12/2016	16:00	5.34	53.40	48.99
16/12/2016	16:00	10.39	103.90	49.04	16/12/2016	16:00	5.33	53.30	48.98
17/12/2016	08:00	10.38	103.80	49.03	17/12/2016	08:00	5.32	53.20	48.97
19/12/2016	08:00	10.51	105.10	49.16	19/12/2016	08:00	5.46	54.60	49.11
20/12/2016	08:00	10.50	105.00	49.15	20/12/2016	08:00	5.43	54.30	49.08
21/12/2016	08:00	10.56	105.60	49.21	21/12/2016	08:00	5.52	55.20	49.17
22/12/2016	08:00	10.65	106.50	49.30	22/12/2016	08:00	5.61	56.10	49.26
23/12/2016	08:00	10.67	106.70	49.32	23/12/2016	08:00	5.66	56.60	49.31
26/12/2016	08:00	10.68	106.80	49.33	26/12/2016	08:00	5.57	55.70	49.22
27/12/2016	08:00	10.72	107.20	49.37	27/12/2016	08:00	5.58	55.80	49.23
28/12/2016	08:00	10.76	107.60	49.41	28/12/2016	08:00	5.68	56.80	49.33
29/12/2016	08:00	10.81	108.10	49.46	29/12/2016	08:00	5.71	57.10	49.36
30/12/2016	08:00	10.81	108.10	49.46	30/12/2016	08:00	5.71	57.10	49.36
03/01/2017	08:00	11.14	111.40	49.79	03/01/2017	08:00	6.54	65.40	50.19
04/01/2017	08:00	11.28	112.80	49.93	04/01/2017	08:00	6.82	68.20	50.47
05/01/2017	08:00	11.34	113.40	49.99	05/01/2017	08:00	6.94	69.40	50.59
06/01/2017	14:00	11.42	114.20	50.07	06/01/2017	14:00	7.13	71.30	50.78
07/01/2017	15:00	11.45	114.50	50.10	07/01/2017	15:00	7.14	71.40	50.79
09/01/2017	15:30	11.51	115.10	50.16	09/01/2017	15:30	7.20	72.00	50.85
10/01/2017	15:00	11.51	115.10	50.16	10/01/2017	15:00	7.17	71.70	50.82
11/01/2017	15:00	11.60	116.00	50.25	11/01/2017	15:00	7.36	73.60	51.01
12/01/2017	14:40	11.72	117.20	50.37	12/01/2017	14:40	7.61	76.10	51.26
13/01/2017	14:40	11.90	119.00	50.55	13/01/2017	14:40	8.05	80.50	51.70
14/01/2017	14:40	12.01	120.10	50.66	14/01/2017	14:40	8.29	82.90	51.94
16/01/2017	14:40	12.11	121.10	50.76	16/01/2017	14:40	8.50	85.00	52.15
17/01/2017	15:40	12.14	121.40	50.79	17/01/2017	15:40	8.51	85.10	52.16
18/01/2017	15:50	12.16	121.60	50.81	18/01/2017	15:50	8.52	85.20	52.17
19/01/2017	16:00	12.15	121.50	50.80	19/01/2017	16:00	8.36	83.60	52.01
20/01/2017	15:20	12.18	121.80	50.83	20/01/2017	15:20	8.36	83.60	52.01
21/01/2017	11:00	12.22	122.20	50.87	21/01/2017	11:00	8.39	83.90	52.04
23/01/2017	16:00	12.26	122.60	50.91	23/01/2017	16:00	8.25	82.50	51.90
24/01/2017	15:00	12.22	122.20	50.87	24/01/2017	15:00	8.09	80.90	51.74
25/01/2017	15:30	12.22	122.20	50.87	25/01/2017	15:30	8.03	80.30	51.68
26/01/2017	16:30	12.19	121.90	50.84	26/01/2017	16:30	7.92	79.20	51.57
28/01/2017	14:30	12.25	122.50	50.90	28/01/2017	14:30	7.92	79.20	51.57
30/01/2017	15:30	12.31	123.10	50.96	30/01/2017	15:30	7.92	79.20	51.57
31/01/2017	15:30	12.48	124.80	51.13	31/01/2017	15:30	8.35	83.50	52.00
01/02/2017	15:30	12.52	125.20	51.17	01/02/2017	15:30	8.38	83.80	52.03
02/02/2017	12:30	12.55	125.50	51.20	02/02/2017	12:30	8.39	83.90	52.04
03/02/2017	12:30	12.56	125.60	51.21	03/02/2017	12:30	8.41	84.10	52.06
04/02/2017	15:30	12.59	125.90	51.24	04/02/2017	15:30	8.40	84.00	52.05
06/02/2017	15:30	12.57	125.70	51.22	06/02/2017	15:30	8.42	84.20	52.07
08/02/2017	15:30	12.61	126.10	51.26	08/02/2017	15:30	8.13	81.30	51.78
09/02/2017	15:30	12.71	127.10	51.36	09/02/2017	15:30	8.24	82.40	51.89
10/02/2017	15:30	12.73	127.30	51.38	10/02/2017	15:30	8.32	83.20	51.97
11/02/2017	15:30	12.75	127.50	51.40	11/02/2017	15:30	8.29	82.90	51.94
13/02/2017	15:30	12.76	127.60	51.41	13/02/2017	15:30	8.30	83.00	51.95
14/02/2017	15:30	12.96	129.60	51.61	14/02/2017	15:30	8.62	86.20	52.27
15/02/2017	15:20	13.00	130.00	51.65	15/02/2017	15:20	8.66	86.60	52.31
16/02/2017	15:40	13.02	130.20	51.67	16/02/2017	15:40	8.56	85.60	52.21
17/02/2017	15:30	13.14	131.40	51.79	17/02/2017	15:30	8.81	88.10	52.46
18/02/2017	11:00	13.26	132.60	51.91	18/02/2017	11:00	9.07	90.70	52.72
20/02/2017	14:00	13.50	135.00	52.15	20/02/2017	14:00	9.40	94.00	53.05
21/02/2017	14:30	13.58	135.80	52.23	21/02/2017	14:30	9.67	96.70	53.32
22/02/2017	15:40	13.67	136.70	52.32	22/02/2017	15:40	9.83	98.30	53.48
23/02/2017	15:40	13.74	137.40	52.39	23/02/2017	15:40	9.89	98.90	53.54
24/02/2017	15:40	13.76	137.60	52.41	24/02/2017	15:40	9.82	98.20	53.47
25/02/2017	11:00	14.02	140.20	52.67	25/02/2017	11:00	9.98	99.80	53.63
27/02/2017	15:20	14.08	140.80	52.73	27/02/2017	15:20	10.34	103.40	53.99
28/02/2017	15:20	14.49	144.90	53.14	28/02/2017	15:20	10.46	104.60	54.11

PIEZÔMETRO 1									
PIEZÔMETRO 1A					PIEZÔMETRO 1B				
Data	Horário	carga piez. (m.c.a.)	u (kPa)	cota piez. (m)	Data	Horário	carga piez. (m.c.a.)	u (kPa)	cota piez. (m)
01/03/2017	15:00	14.32	143.20	52.97	01/03/2017	15:00	10.66	106.60	54.31
02/03/2017	15:20	14.44	144.40	53.09	02/03/2017	15:20	10.81	108.10	54.46
03/03/2017	15:20	14.55	145.50	53.20	03/03/2017	15:20	10.86	108.60	54.51
04/03/2017	10:20	14.62	146.20	53.27	04/03/2017	10:20	10.88	108.80	54.53
06/03/2017	14:40	14.78	147.80	53.43	06/03/2017	14:40	11.00	110.00	54.65
07/03/2017	15:00	14.87	148.70	53.52	07/03/2017	15:00	11.08	110.80	54.73
08/03/2017	15:10	15.01	150.10	53.66	08/03/2017	15:10	11.27	112.70	54.92
09/03/2017	15:20	15.08	150.80	53.73	09/03/2017	15:20	11.30	113.00	54.95
10/03/2017	14:30	15.16	151.60	53.81	10/03/2017	14:30	11.31	113.10	54.96
13/03/2017	14:30	15.30	153.00	53.95	13/03/2017	14:30	11.23	112.30	54.88
14/03/2017	14:30	15.34	153.40	53.99	14/03/2017	14:30	11.29	112.90	54.94
15/03/2017	14:30	15.40	154.00	54.05	15/03/2017	14:30	11.29	112.90	54.94
16/03/2017	14:30	15.47	154.70	54.12	16/03/2017	14:30	11.34	113.40	54.99
17/03/2017	14:30	15.49	154.90	54.14	17/03/2017	14:30	11.35	113.50	55.00
18/03/2017	11:00	15.55	155.50	54.20	18/03/2017	11:00	11.31	113.10	54.96
20/03/2017	11:00	15.64	156.40	54.29	20/03/2017	11:00	11.38	113.80	55.03
21/03/2017	10:15	15.74	157.40	54.39	21/03/2017	10:15	11.53	115.30	55.18
22/03/2017	11:15	15.84	158.40	54.49	22/03/2017	11:15	11.64	116.40	55.29
23/03/2017	11:00	15.94	159.40	54.59	23/03/2017	11:00	11.75	117.50	55.40
24/03/2017	11:30	16.01	160.10	54.66	24/03/2017	11:30	11.84	118.40	55.49
25/03/2017	10:50	16.08	160.80	54.73	25/03/2017	10:50	11.83	118.30	55.48
27/03/2017	11:00	16.10	161.00	54.75	27/03/2017	11:00	11.63	116.30	55.28
28/03/2017	08:30	16.14	161.40	54.79	28/03/2017	08:30	11.71	117.10	55.36
29/03/2017	10:45	16.19	161.90	54.84	29/03/2017	10:45	11.63	116.30	55.28
30/03/2017	11:45	16.21	162.10	54.86	30/03/2017	11:45	11.59	115.90	55.24
31/03/2017	11:15	16.24	162.40	54.89	31/03/2017	11:15	11.64	116.40	55.29
01/04/2017	11:15	16.26	162.60	54.91	01/04/2017	11:15	11.53	115.30	55.18
03/04/2017	11:15	16.33	163.30	54.98	03/04/2017	11:15	11.63	116.30	55.28
08/04/2017	11:25	16.54	165.40	55.19	08/04/2017	11:25	11.76	117.60	55.41
10/04/2017	08:00	16.54	165.40	55.19	10/04/2017	08:00	11.80	118.00	55.45
17/04/2017	10:00	16.75	167.50	55.40	17/04/2017	10:00	12.08	120.80	55.73
24/04/2017	11:08	16.65	166.50	55.30	24/04/2017	11:08	11.69	116.90	55.34
01/05/2017	10:08	16.63	166.30	55.28	01/05/2017	10:08	11.73	117.30	55.38
08/05/2017	11:08	16.64	166.40	55.29	08/05/2017	11:08	11.75	117.50	55.40
15/05/2017	11:08	15.65	156.50	54.30	15/05/2017	11:08	10.36	103.60	54.01
22/05/2017	11:28	15.75	157.50	54.40	22/05/2017	11:28	10.65	106.50	54.30
29/05/2017	11:28	15.65	156.50	54.30	29/05/2017	11:28	10.54	105.40	54.19
05/06/2017	10:28	15.21	152.10	53.86	05/06/2017	10:28	9.91	99.10	53.56
07/06/2017	16:28	15.02	150.20	53.67	07/06/2017	16:28	9.71	97.10	53.36
12/06/2017	11:28	14.64	146.40	53.29	12/06/2017	11:28	9.14	91.40	52.79
19/06/2017	12:28	14.46	144.60	53.11	19/06/2017	12:28	9.03	90.30	52.68
26/06/2017	12:28	14.06	140.60	52.71	26/06/2017	12:28	8.44	84.40	52.09
03/07/2017	14:00	13.41	134.10	52.06	03/07/2017	14:00	7.36	73.60	51.01
12/07/2017	11:00	13.09	130.90	51.74	12/07/2017	11:00	6.98	69.80	50.63
17/07/2017	11:00	12.55	125.50	51.20	17/07/2017	11:00	6.48	64.80	50.13
24/07/2017	12:00	12.11	121.10	50.76	24/07/2017	12:00	6.01	60.10	49.66
31/07/2017	12:00	11.74	117.40	50.39	31/07/2017	12:00	5.86	58.60	49.51
07/08/2017	12:00	11.29	112.90	49.94	07/08/2017	12:00	5.62	56.20	49.27
14/08/2017	10:30	10.95	109.50	49.60	14/08/2017	10:30	5.43	54.30	49.08
21/08/2017	10:30	10.76	107.60	49.41	21/08/2017	10:30	5.53	55.30	49.18
28/08/2017	11:30	10.85	108.50	49.50	28/08/2017	11:30	5.60	56.00	49.25
04/09/2017	11:30	10.44	104.40	49.09	04/09/2017	11:30	5.65	56.50	49.30
11/09/2017	11:30	10.11	101.10	48.76	11/09/2017	11:30	5.39	53.90	49.04
18/09/2017	14:30	10.08	100.80	48.73	18/09/2017	14:30	5.50	55.00	49.15
25/09/2017	12:30	10.12	101.20	48.77	25/09/2017	12:30	5.76	57.60	49.41
02/10/2017	14:00	9.99	99.90	48.64	02/10/2017	14:00	6.54	65.40	50.19
09/10/2017	09:00	9.87	98.70	48.52	09/10/2017	09:00	5.79	57.90	49.44
16/10/2017	12:00	9.73	97.30	48.38	16/10/2017	12:00	5.65	56.50	49.30
23/10/2017	12:00	9.66	96.60	48.31	23/10/2017	12:00	5.70	57.00	49.35
30/10/2017	12:00	9.71	97.10	48.36	30/10/2017	12:00	5.22	52.20	48.87
06/11/2017	12:00	10.06	100.61	48.71	06/11/2017	12:00	5.47	54.70	49.12
13/11/2017	12:00	10.20	102.03	48.85	13/11/2017	12:00	5.64	56.40	49.29
20/11/2017	11:30	10.65	106.46	49.30	20/11/2017	11:30	5.84	58.40	49.49
27/11/2017	11:00	10.66	106.64	49.31	27/11/2017	11:00	5.89	58.90	49.54

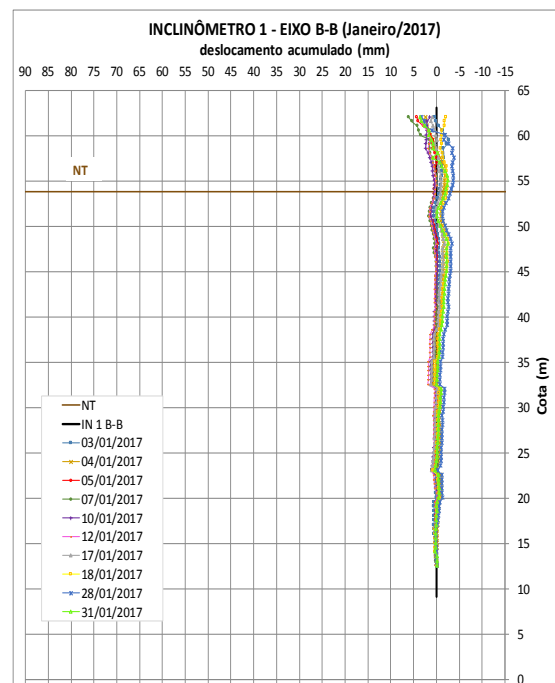
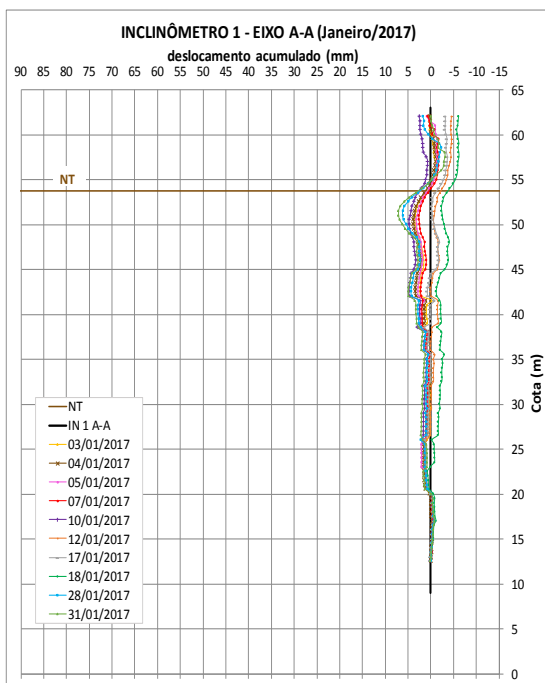
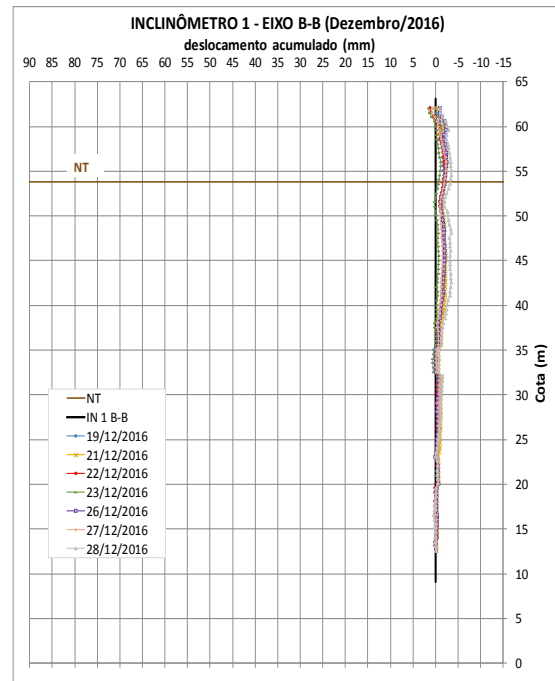
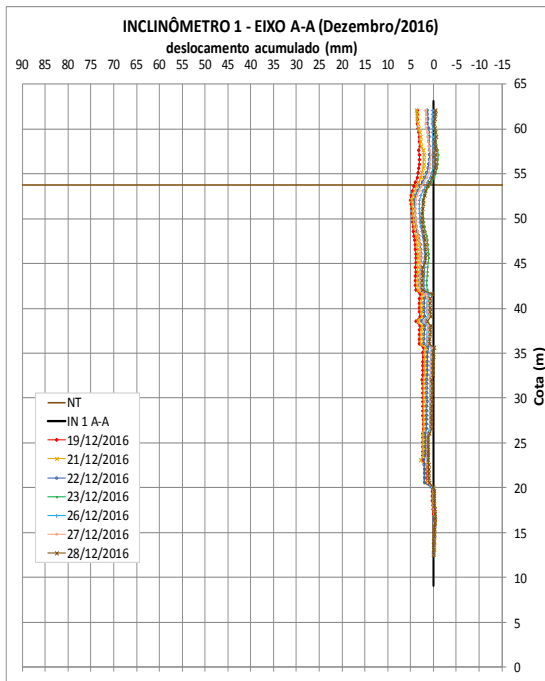
PIEZÔMETRO 2														
PIEZÔMETRO 2A					PIEZÔMETRO 2B					PIEZÔMETRO 2C				
Data	Horário	carga piez. (m.c.a.)	u (kPa)	cota piez. (m)	Data	Horário	carga piez. (m.c.a.)	u (kPa)	cota piez. (m)	Data	Horário	carga piez. (m.c.a.)	u (kPa)	cota piez. (m)
12/12/2016	08:30	12.67	126.70	48.97	12/12/2016	08:30	4.67	46.70	48.97	12/12/2016	08:30	-0.01	-0.10	51.29
13/12/2016	08:30	12.68	126.80	48.98	13/12/2016	08:30	4.68	46.80	48.98	13/12/2016	08:30	0.00	0.00	51.30
14/12/2016	08:30	12.76	127.60	49.06	14/12/2016	08:30	4.74	47.40	49.04	14/12/2016	08:30	-0.09	-0.90	51.21
15/12/2016	16:00	12.72	127.20	49.02	15/12/2016	16:00	4.71	47.10	49.01	15/12/2016	16:00	-0.13	-1.30	51.17
16/12/2016	16:00	12.73	127.30	49.03	16/12/2016	16:00	4.71	47.10	49.01	16/12/2016	16:00	-0.12	-1.20	51.18
17/12/2016	08:00	12.72	127.20	49.02	17/12/2016	08:00	4.71	47.10	49.01	17/12/2016	08:00	-0.11	-1.10	51.19
19/12/2016	08:00	12.82	128.20	49.12	19/12/2016	08:00	4.81	48.10	49.11	19/12/2016	08:00	-0.10	-1.00	51.20
20/12/2016	08:00	12.81	128.10	49.11	20/12/2016	08:00	4.81	48.10	49.11	20/12/2016	08:00	-0.11	-1.10	51.19
21/12/2016	08:00	12.86	128.60	49.16	21/12/2016	08:00	4.84	48.40	49.14	21/12/2016	08:00	-0.14	-1.40	51.16
22/12/2016	08:00	12.93	129.30	49.23	22/12/2016	08:00	4.91	49.10	49.21	22/12/2016	08:00	-0.11	-1.10	51.19
23/12/2016	08:00	12.96	129.60	49.26	23/12/2016	08:00	4.94	49.40	49.24	23/12/2016	08:00	-0.11	-1.10	51.19
26/12/2016	08:00	12.97	129.70	49.27	26/12/2016	08:00	4.96	49.60	49.26	26/12/2016	08:00	-0.10	-1.00	51.20
27/12/2016	08:00	13.01	130.10	49.31	27/12/2016	08:00	4.99	49.90	49.29	27/12/2016	08:00	-0.12	-1.20	51.18
28/12/2016	08:00	13.07	130.70	49.37	28/12/2016	08:00	5.02	50.20	49.32	28/12/2016	08:00	-0.08	-0.80	51.22
29/12/2016	08:00	13.10	131.00	49.40	29/12/2016	08:00	5.05	50.50	49.35	29/12/2016	08:00	-0.08	-0.80	51.22
30/12/2016	08:00	13.16	131.60	49.46	30/12/2016	08:00	5.10	51.00	49.40	30/12/2016	08:00	-0.07	-0.70	51.23
03/01/2017	08:00	13.42	134.20	49.72	03/01/2017	08:00	5.30	53.00	49.60	03/01/2017	08:00	-0.06	-0.60	51.24
04/01/2017	08:00	13.51	135.10	49.81	04/01/2017	08:00	5.39	53.90	49.69	04/01/2017	08:00	-0.04	-0.40	51.26
05/01/2017	08:00	13.56	135.60	49.86	05/01/2017	08:00	5.44	54.40	49.74	05/01/2017	08:00	0.00	0.00	51.30
06/01/2017	14:00	13.64	136.40	49.94	06/01/2017	14:00	5.49	54.90	49.79	06/01/2017	14:00	-0.03	-0.30	51.27
07/01/2017	15:00	13.68	136.80	49.98	07/01/2017	15:00	5.56	55.60	49.86	07/01/2017	15:00	0.00	0.00	51.30
09/01/2017	15:30	13.74	137.40	50.04	09/01/2017	15:30	5.61	56.10	49.91	09/01/2017	15:30	0.00	0.00	51.30
10/01/2017	15:00	13.75	137.50	50.05	10/01/2017	15:00	5.62	56.20	49.92	10/01/2017	15:00	0.03	0.30	51.33
11/01/2017	15:00	13.83	138.30	50.13	11/01/2017	15:00	5.68	56.80	49.98	11/01/2017	15:00	0.03	0.30	51.33
12/01/2017	14:40	13.93	139.30	50.23	12/01/2017	14:40	5.76	57.60	50.06	12/01/2017	14:40	0.12	1.20	51.42
13/01/2017	14:40	14.08	140.80	50.38	13/01/2017	14:40	5.91	59.10	50.21	13/01/2017	14:40	0.34	3.40	51.64
14/01/2017	14:00	14.19	141.90	50.49	14/01/2017	14:00	6.03	60.30	50.33	14/01/2017	14:00	0.50	5.00	51.80
16/01/2017	14:40	14.28	142.80	50.58	16/01/2017	14:40	6.13	61.30	50.43	16/01/2017	14:40	0.57	5.70	51.87
17/01/2017	15:40	14.32	143.20	50.62	17/01/2017	15:40	6.17	61.70	50.47	17/01/2017	15:40	0.61	6.10	51.91
18/01/2017	15:50	14.35	143.50	50.65	18/01/2017	15:50	6.19	61.90	50.49	18/01/2017	15:50	0.61	6.10	51.91
19/01/2017	16:00	14.34	143.40	50.64	19/01/2017	16:00	6.20	62.00	50.50	19/01/2017	16:00	0.63	6.30	51.93
20/01/2017	15:20	14.35	143.50	50.65	20/01/2017	15:20	6.30	63.00	50.60	20/01/2017	15:20	0.65	6.50	51.95
21/01/2017	11:00	14.42	144.20	50.72	21/01/2017	11:00	6.35	63.50	50.65	21/01/2017	11:00	0.69	6.90	51.99
23/01/2017	16:00	14.30	143.00	50.60	23/01/2017	16:00	6.32	63.20	50.62	23/01/2017	16:00	0.76	7.60	52.06
24/01/2017	15:00	14.45	144.50	50.75	24/01/2017	15:00	6.31	63.10	50.61	24/01/2017	15:00	0.74	7.40	52.04
25/01/2017	15:30	14.45	144.50	50.75	25/01/2017	15:30	6.32	63.20	50.62	25/01/2017	15:30	0.75	7.50	52.05
26/01/2017	16:30	14.43	144.30	50.73	26/01/2017	16:30	6.30	63.00	50.60	26/01/2017	16:30	0.74	7.40	52.04
28/01/2017	14:30	14.49	144.90	50.79	28/01/2017	14:30	6.35	63.50	50.65	28/01/2017	14:30	0.79	7.90	52.09
30/01/2017	15:30	14.57	145.70	50.87	30/01/2017	15:30	6.42	64.20	50.72	30/01/2017	15:30	0.87	8.70	52.17
31/01/2017	15:30	14.71	147.10	51.01	31/01/2017	15:30	6.52	65.20	50.82	31/01/2017	15:30	0.97	9.70	52.27
01/02/2017	15:30	14.73	147.30	51.03	01/02/2017	15:30	6.56	65.60	50.86	01/02/2017	15:30	1.03	10.30	52.33
02/02/2017	15:30	14.77	147.70	51.07	02/02/2017	15:30	6.59	65.90	50.89	02/02/2017	15:30	1.04	10.40	52.34
03/02/2017	15:30	14.79	147.90	51.09	03/02/2017	15:30	6.63	66.30	50.93	03/02/2017	15:30	1.08	10.80	52.38
04/02/2017	15:30	14.81	148.10	51.11	04/02/2017	15:30	6.66	66.60	50.96	04/02/2017	15:30	1.13	11.30	52.43
06/02/2017	15:30	14.79	147.90	51.09	06/02/2017	15:30	6.66	66.60	50.96	06/02/2017	15:30	1.18	11.80	52.48
08/02/2017	15:30	14.85	148.50	51.15	08/02/2017	15:30	6.71	67.10	51.01	08/02/2017	15:30	1.20	12.00	52.50
09/02/2017	15:30	14.95	149.50	51.25	09/02/2017	15:30	6.80	68.00	51.10	09/02/2017	15:30	1.30	13.00	52.60
10/02/2017	15:30	14.96	149.60	51.26	10/02/2017	15:30	6.81	68.10	51.11	10/02/2017	15:30	1.30	13.00	52.60
11/02/2017	15:30	14.99	149.90	51.29	11/02/2017	15:30	6.84	68.40	51.14	11/02/2017	15:30	1.33	13.30	52.63
13/02/2017	15:30	15.14	151.40	51.44	13/02/2017	15:30	6.97	69.70	51.27	13/02/2017	15:30	1.45	14.50	52.75
14/02/2017	15:30	14.98	149.80	51.28	14/02/2017	15:30	7.01	70.10	51.31	14/02/2017	15:30	1.47	14.70	52.77
15/02/2017	15:20	15.25	152.50	51.55	15/02/2017	15:20	7.08	70.80	51.38	15/02/2017	15:20	1.57	15.70	52.87
16/02/2017	15:40	15.26	152.60	51.56	16/02/2017	15:40	7.11	71.10	51.41	16/02/2017	15:40	1.62	16.20	52.92
17/02/2017	15:30	15.38	153.80	51.68	17/02/2017	15:30	7.19	71.90	51.49	17/02/2017	15:30	1.68	16.80	52.98
18/02/2017	11:00	15.48	154.80	51.78	18/02/2017	11:00	7.28	72.80	51.58	18/02/2017	11:00	1.78	17.80	53.08
20/02/2017	14:00	15.72	157.20	52.02	20/02/2017	14:00	7.52	75.20	51.82	20/02/2017	14:00	2.09	20.90	53.39
21/02/2017	14:30	15.80	158.00	52.10	21/02/2017	14:30	7.59	75.90	51.89	21/02/2017	14:30	2.17	21.70	53.47
22/02/2017	15:40	15.89	158.90	52.19	22/02/2017	15:40	7.68	76.80	51.98	22/02/2017	15:40	2.24	22.40	53.54
23/02/2017	15:40	15.95	159.50	52.25	23/02/2017	15:40	7.73	77.30	52.03	23/02/2017	15:40	2.31	23.10	53.61
24/02/2017	15:40	16.00	160.00	52.30	24/02/2017	15:40	7.80	78.00	52.10	24/02/2017	15:40	2.39	23.90	53.69
25/02/2017	11:00	16.09	160.90	52.39	25/02/2017	11:00	7.89	78.90	52.19	25/02/2017	11:00	2.39	23.90	53.69
27/02/2017	15:20	16.30	163.00	52.60	27/02/2017	15:20	8.10	81.00	52.40	27/02/2017	15:20	2.68	26.80	53.98
28/02/2017	15:20	16.45	164.50	52.75	28/02/2017	15:20	8.24	82.40	52.54	28/02/2017	15:20	2.85	28.50	54.15

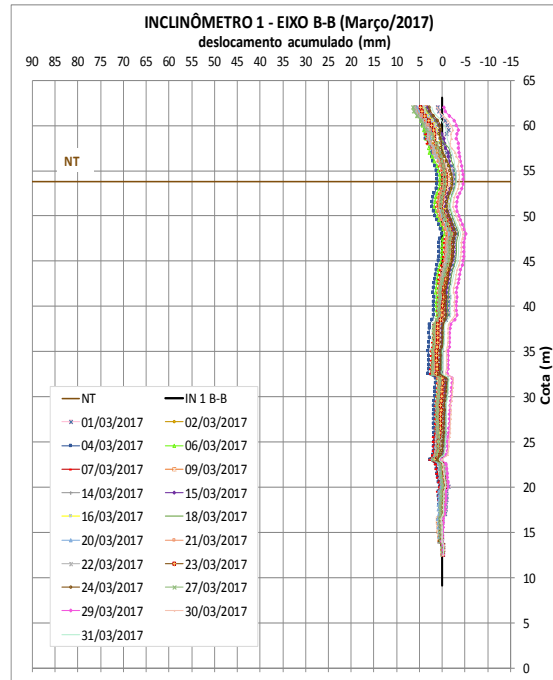
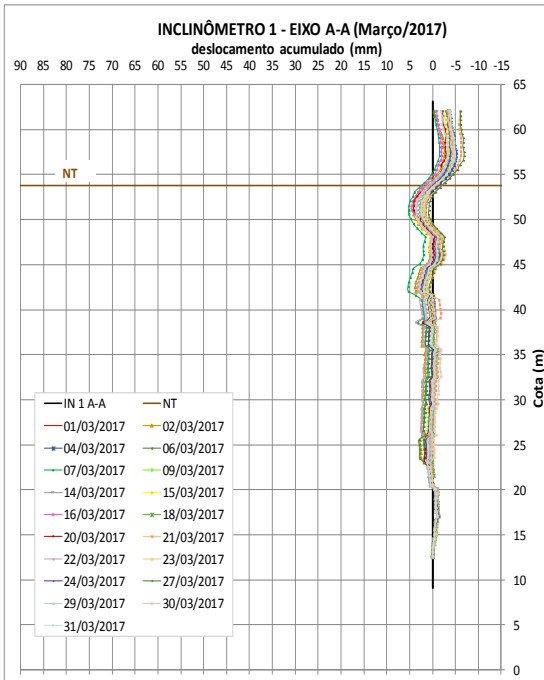
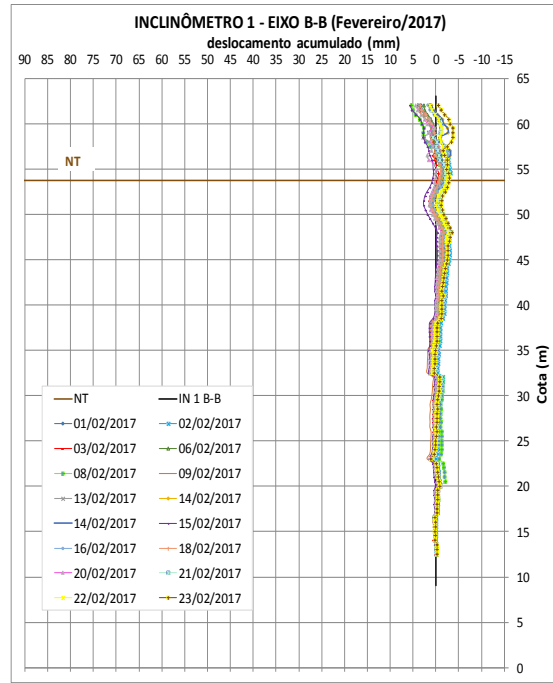
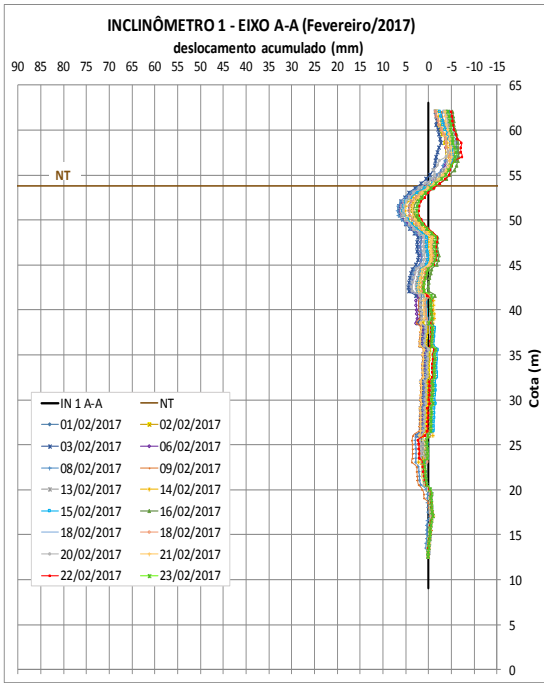
PIEZÔMETRO 2														
PIEZÔMETRO 2A					PIEZÔMETRO 2B					PIEZÔMETRO 2C				
Data	Horário	carga piez. (m.c.a.)	u (kPa)	cota piez. (m)	Data	Horário	carga piez. (m.c.a.)	u (kPa)	cota piez. (m)	Data	Horário	carga piez. (m.c.a.)	u (kPa)	cota piez. (m)
01/03/2017	15:00	16.54	165.40	52.84	01/03/2017	15:00	8.35	83.50	52.65	01/03/2017	15:00	2.97	29.70	54.27
02/03/2017	15:20	16.66	166.60	52.96	02/03/2017	15:20	8.45	84.50	52.75	02/03/2017	15:20	3.07	30.70	54.37
03/03/2017	15:20	16.77	167.70	53.07	03/03/2017	15:20	8.54	85.40	52.84	03/03/2017	15:20	3.18	31.80	54.48
04/03/2017	10:20	16.84	168.40	53.14	04/03/2017	10:20	8.62	86.20	52.92	04/03/2017	10:20	3.25	32.50	54.55
06/03/2017	14:40	17.00	170.00	53.30	06/03/2017	14:40	8.78	87.80	53.08	06/03/2017	14:40	3.42	34.20	54.72
07/03/2017	15:00	17.10	171.00	53.40	07/03/2017	15:00	8.87	88.70	53.17	07/03/2017	15:00	3.51	35.10	54.81
08/03/2017	15:10	17.22	172.20	53.52	08/03/2017	15:10	8.99	89.90	53.29	08/03/2017	15:10	3.66	36.60	54.96
09/03/2017	15:20	17.31	173.10	53.61	09/03/2017	15:20	9.07	90.70	53.37	09/03/2017	15:20	3.74	37.40	55.04
10/03/2017	14:30	17.39	173.90	53.69	10/03/2017	14:30	9.16	91.60	53.46	10/03/2017	14:30	3.82	38.20	55.12
13/03/2017	14:30	17.54	175.40	53.84	13/03/2017	14:30	9.32	93.20	53.62	13/03/2017	14:30	3.99	39.90	55.29
14/03/2017	14:30	17.59	175.90	53.89	14/03/2017	14:30	9.36	93.60	53.66	14/03/2017	14:30	4.02	40.20	55.32
15/03/2017	14:30	17.63	176.30	53.93	15/03/2017	14:30	9.42	94.20	53.72	15/03/2017	14:30	4.10	41.00	55.40
16/03/2017	14:30	17.72	177.20	54.02	16/03/2017	14:30	9.50	95.00	53.80	16/03/2017	14:30	4.18	41.80	55.48
17/03/2017	14:30	17.74	177.40	54.04	17/03/2017	14:30	9.52	95.20	53.82	17/03/2017	14:30	4.21	42.10	55.51
18/03/2017	11:00	17.81	178.10	54.11	18/03/2017	11:00	9.59	95.90	53.89	18/03/2017	11:00	4.31	43.10	55.61
20/03/2017	11:00	17.9	179.00	54.20	20/03/2017	11:00	9.68	96.80	53.98	20/03/2017	11:00	4.41	44.10	55.71
21/03/2017	10:15	18.00	180.00	54.30	21/03/2017	10:15	9.77	97.70	54.07	21/03/2017	10:15	4.49	44.90	55.79
22/03/2017	11:15	18.09	180.90	54.39	22/03/2017	11:15	9.87	98.70	54.17	22/03/2017	11:15	4.59	45.90	55.89
23/03/2017	11:00	18.19	181.90	54.49	23/03/2017	11:00	9.96	99.60	54.26	23/03/2017	11:00	4.71	47.10	56.01
24/03/2017	11:30	18.27	182.70	54.57	24/03/2017	11:30	10.05	100.50	54.35	24/03/2017	11:30	4.86	48.60	56.16
25/03/2017	10:50	18.33	183.30	54.63	25/03/2017	10:50	10.11	101.10	54.41	25/03/2017	10:50	4.83	48.30	56.13
27/03/2017	11:00	18.38	183.80	54.68	27/03/2017	11:00	10.17	101.70	54.47	27/03/2017	11:00	4.92	49.20	56.22
28/03/2017	08:30	18.41	184.10	54.71	28/03/2017	08:30	10.20	102.00	54.50	28/03/2017	08:30	4.95	49.50	56.25
29/03/2017	10:45	18.46	184.60	54.76	29/03/2017	10:45	10.27	102.70	54.57	29/03/2017	10:45	5.01	50.10	56.31
30/03/2017	11:45	18.49	184.90	54.79	30/03/2017	11:45	10.30	103.00	54.60	30/03/2017	11:45	5.04	50.40	56.34
31/03/2017	11:15	18.53	185.30	54.83	31/03/2017	11:15	10.32	103.20	54.62	31/03/2017	11:15	5.08	50.80	56.38
01/04/2017	11:15	18.55	185.50	54.85	01/04/2017	11:15	10.36	103.60	54.66	01/04/2017	11:15	5.11	51.10	56.41
03/04/2017	11:15	18.63	186.30	54.93	03/04/2017	11:15	10.43	104.30	54.73	03/04/2017	11:15	5.18	51.80	56.48
08/04/2017	11:25	18.84	188.40	55.14	08/04/2017	11:25	10.67	106.70	54.97	08/04/2017	11:25	5.42	54.20	56.72
10/04/2017	08:00	18.84	188.40	55.14	10/04/2017	08:00	10.69	106.90	54.99	10/04/2017	08:00	5.43	54.30	56.73
17/04/2017	10:00	19.05	190.50	55.35	17/04/2017	10:00	10.84	108.40	55.14	17/04/2017	10:00	5.65	56.50	56.95
24/04/2017	11:08	18.96	189.60	55.26	24/04/2017	11:08	10.78	107.80	55.08	24/04/2017	11:08	5.59	55.90	56.89
01/05/2017	10:08	18.95	189.50	55.25	01/05/2017	10:08	10.76	107.60	55.06	01/05/2017	10:08	5.58	55.80	56.88
08/05/2017	11:08	18.98	189.80	55.28	08/05/2017	11:08	10.78	107.80	55.08	08/05/2017	11:08	5.59	55.90	56.89
15/05/2017	11:08	17.99	179.90	54.29	15/05/2017	11:08	9.80	98.00	54.10	15/05/2017	11:08	4.51	45.10	55.81
22/05/2017	11:28	18.07	180.70	54.37	22/05/2017	11:28	9.88	98.80	54.18	22/05/2017	11:28	4.62	46.20	55.92
29/05/2017	11:28	17.99	179.90	54.29	29/05/2017	11:28	9.80	98.00	54.10	29/05/2017	11:28	4.52	45.20	55.82
05/06/2017	10:28	17.56	175.60	53.86	05/06/2017	10:28	9.36	93.60	53.66	05/06/2017	10:28	4.02	40.20	55.32
07/06/2017	16:28	17.38	173.80	53.68	07/06/2017	16:28	9.19	91.90	53.49	07/06/2017	16:28	3.83	38.30	55.13
12/06/2017	11:28	17.01	170.10	53.31	12/06/2017	11:28	8.82	88.20	53.12	12/06/2017	11:28	3.44	34.40	54.74
19/06/2017	12:28	16.81	168.10	53.11	19/06/2017	12:28	8.64	86.40	52.94	19/06/2017	12:28	3.21	32.10	54.51
26/06/2017	12:28	16.42	164.20	52.72	26/06/2017	12:28	8.64	86.40	52.94	26/06/2017	12:28	2.84	28.40	54.14
03/07/2017	14:00	15.81	158.10	52.11	03/07/2017	14:00	7.75	77.50	52.05	03/07/2017	14:00	2.36	23.60	53.66
12/07/2017	11:00	15.49	154.90	51.79	12/07/2017	11:00	7.47	74.70	51.77	12/07/2017	11:00	2.07	20.70	53.37
17/07/2017	11:00	14.96	149.60	51.26	17/07/2017	11:00	7.01	70.10	51.31	17/07/2017	11:00	1.58	15.80	52.88
24/07/2017	12:00	14.52	145.20	50.82	24/07/2017	12:00	6.59	65.90	50.89	24/07/2017	12:00	1.13	11.30	52.43
31/07/2017	12:00	14.17	141.70	50.47	31/07/2017	12:00	6.28	62.80	50.58	31/07/2017	12:00	0.81	8.10	52.11
07/08/2017	12:00	13.77	137.70	50.07	07/08/2017	12:00	5.92	59.20	50.22	07/08/2017	12:00	0.43	4.30	51.73
14/08/2017	10:30	13.42	134.20	49.72	14/08/2017	10:30	5.92	59.20	50.22	14/08/2017	10:30	0.00	0.00	51.30
21/08/2017	10:30	13.22	132.20	49.52	21/08/2017	10:30	5.26	52.60	49.56	21/08/2017	10:30	-0.13	-1.30	51.17
28/08/2017	11:30	13.29	132.90	49.59	28/08/2017	11:30	5.39	53.90	49.69	28/08/2017	11:30	-0.20	-2.00	51.10
04/09/2017	11:30	13.01	130.10	49.31	04/09/2017	11:30	5.16	51.60	49.46	04/09/2017	11:30	-0.18	-1.80	51.12
11/09/2017	11:30	12.71	127.10	49.01	11/09/2017	11:30	4.86	48.60	49.16	11/09/2017	11:30	-0.21	-2.10	51.09
18/09/2017	14:30	12.60	126.00	48.90	18/09/2017	14:30	4.69	46.90	48.99	18/09/2017	14:30	-0.23	-2.30	51.07
25/09/2017	12:30	12.64	126.40	48.94	25/09/2017	12:30	4.72	47.20	49.02	25/09/2017	12:30	-0.20	-2.00	51.10
02/10/2017	14:00	12.45	124.50	48.75	02/10/17	14:00	4.55	45.50	48.85	02/10/17	14:00	-0.27	-2.70	51.03
09/10/2017	09:00	12.35	123.50	48.65	09/10/17	09:00	4.46	44.60	48.76	09/10/17	09:00	-0.23	-2.30	51.07
16/10/2017	12:00	12.23	122.30	48.53	16/10/17	12:00	4.36	43.60	48.66	16/10/17	12:00	-0.22	-2.20	51.08
23/10/2017	12:00	12.12	121.20	48.42	23/10/17	12:00	4.22	42.20	48.52	23/10/17	12:00	-0.23	-2.30	51.07
30/10/2017	12:00	12.09	120.90	48.39	30/10/17	12:00	4.17	41.70	48.47	30/10/17	12:00	-0.28	-2.80	51.02
06/11/2017	12:00	12.09	120.90	48.39	06/11/2017	12:00	4.45	44.50	48.75	06/11/2017	12:00	-0.22	-2.20	51.08
13/11/2017	12:00	12.53	125.30	48.83	13/11/2017	12:00	4.55	45.50	48.85	13/11/2017	12:00	-0.25	-2.50	51.05
20/11/2017	11:30	12.91	129.10	49.21	20/11/2017	11:30	4.87	48.70	49.17	20/11/2017	11:30	-0.24	-2.40	51.06
27/11/2017	11:00	12.97	129.70	49.27	27/11/2017	11:00	4.96	49.60	49.26	27/11/2017	11:00	-0.23	-2.30	51.07

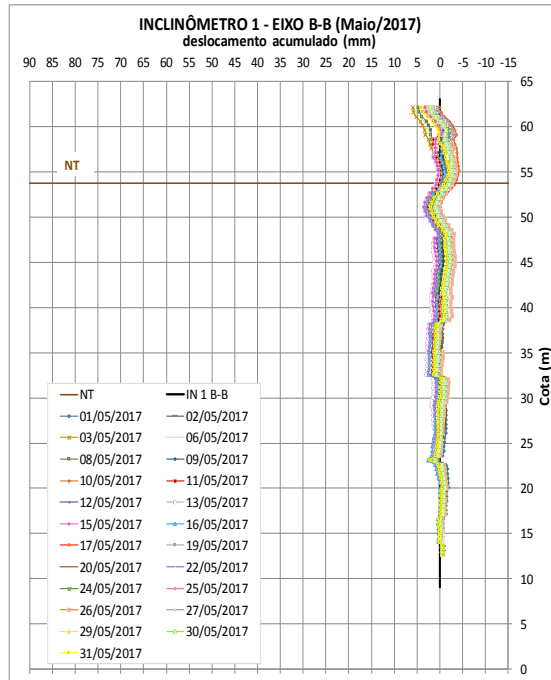
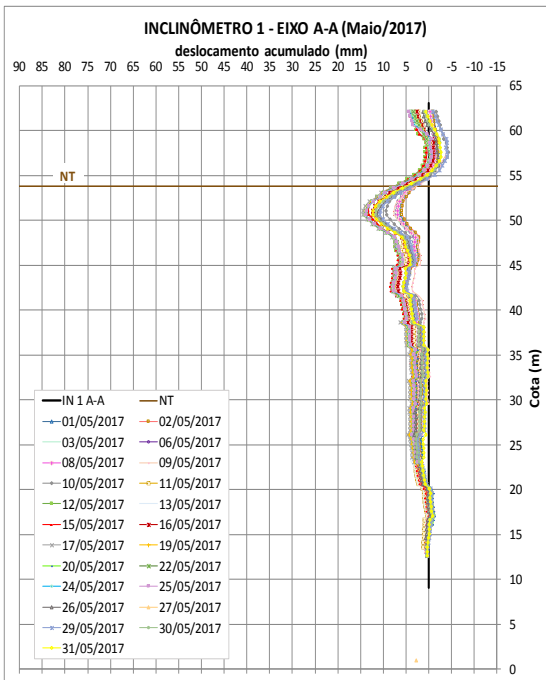
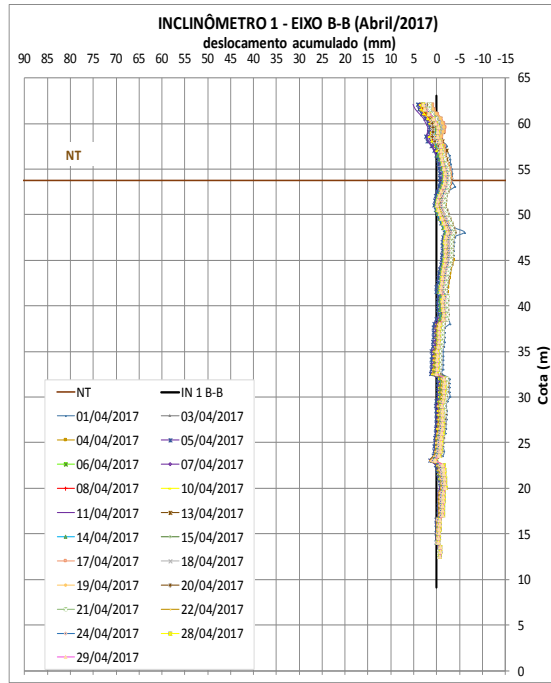
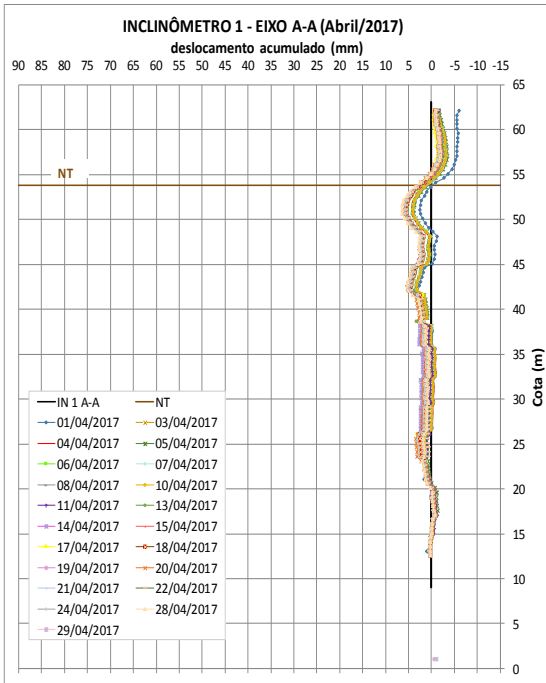
PIEZÔMETRO 3									
PIEZÔMETRO 3B					PIEZÔMETRO 3C				
Data	Horário	carga piez. (m.c.a.)	u (kPa)	cota piez. (m)	Data	Horário	carga piez. (m.c.a.)	u (kPa)	cota piez. (m)
12/12/2016	08:30	0.06	0.60	55.97	12/12/2016	08:30	-0.24	-2.40	60.67
13/12/2016	08:30	0.07	0.70	55.98	13/12/2016	08:30	-0.23	-2.30	60.68
14/12/2016	08:30	0.15	1.50	56.06	14/12/2016	08:30	-0.18	-1.80	60.73
15/12/2016	16:00	0.08	0.80	55.99	15/12/2016	16:00	-0.25	-2.50	60.66
16/12/2016	16:00	0.08	0.80	55.99	16/12/2016	16:00	-0.23	-2.30	60.68
17/12/2016	08:00	0.08	0.80	55.99	17/12/2016	08:00	-0.22	-2.20	60.69
19/12/2016	08:00	-0.01	-0.10	55.90	19/12/2016	08:00	-0.25	-2.50	60.66
20/12/2016	08:00	-0.06	-0.60	55.85	20/12/2016	08:00	-0.25	-2.50	60.66
21/12/2016	08:00	-0.06	-0.60	55.85	21/12/2016	08:00	-0.27	-2.70	60.64
22/12/2016	08:00	-0.05	-0.50	55.86	22/12/2016	08:00	-0.24	-2.40	60.67
23/12/2016	08:00	-0.03	-0.30	55.88	23/12/2016	08:00	-0.20	-2.00	60.71
26/12/2016	08:00	-0.06	-0.60	55.85	26/12/2016	08:00	-0.18	-1.80	60.73
27/12/2016	08:00	-0.09	-0.90	55.82	27/12/2016	08:00	-0.20	-2.00	60.71
28/12/2016	08:00	-0.11	-1.10	55.80	28/12/2016	08:00	-0.24	-2.40	60.67
29/12/2016	08:00	-0.12	-1.20	55.79	29/12/2016	08:00	-0.21	-2.10	60.70
30/12/2016	08:00	-0.11	-1.10	55.80	30/12/2016	08:00	-0.22	-2.20	60.69
03/01/2017	08:00	-0.12	-1.20	55.79	03/01/2017	08:00	-0.17	-1.70	60.74
04/01/2017	08:00	-0.12	-1.20	55.79	04/01/2017	08:00	-0.2	-2.00	60.71
05/01/2017	08:00	-0.14	-1.40	55.77	05/01/2017	08:00	-0.2	-2.00	60.71
06/01/2017	14:00	-0.13	-1.30	55.78	06/01/2017	14:00	-0.21	-2.10	60.70
07/01/2017	15:00	-0.12	-1.20	55.79	07/01/2017	15:00	-0.15	-1.50	60.76
09/01/2017	15:30	-0.14	-1.40	55.77	09/01/2017	15:30	-0.23	-2.30	60.68
10/01/2017	15:00	-0.14	-1.40	55.77	10/01/2017	15:00	-0.19	-1.90	60.72
11/01/2017	15:00	-0.14	-1.40	55.77	11/01/2017	15:00	-0.2	-2.00	60.71
12/01/2017	14:40	-0.13	-1.30	55.78	12/01/2017	14:40	-0.2	-2.00	60.71
13/01/2017	14:40	-0.09	-0.90	55.82	13/01/2017	14:40	-0.13	-1.30	60.78
14/01/2017	14:00	-0.08	-0.80	55.83	14/01/2017	14:00	-0.16	-1.60	60.75
16/01/2017	14:40	-0.08	-0.80	55.83	16/01/2017	14:40	-0.21	-2.10	60.70
17/01/2017	15:40	-0.08	-0.80	55.83	17/01/2017	15:40	-0.2	-2.00	60.71
18/01/2017	15:50	-0.07	-0.70	55.84	18/01/2017	15:50	-0.19	-1.90	60.72
19/01/2017	16:00	-0.05	-0.50	55.86	19/01/2017	16:00	-0.2	-2.00	60.71
20/01/2017	15:20	-0.04	-0.40	55.87	20/01/2017	15:20	-0.22	-2.20	60.69
21/01/2017	11:00	0.03	0.30	55.94	21/01/2017	11:00	-0.26	-2.60	60.65
23/01/2017	16:00	0.06	0.60	55.97	23/01/2017	16:00	-0.2	-2.00	60.71
24/01/2017	15:00	0.04	0.40	55.95	24/01/2017	15:00	-0.27	-2.70	60.64
25/01/2017	15:30	0.02	0.20	55.93	25/01/2017	15:30	-0.31	-3.10	60.60
26/01/2017	16:30	0.02	0.20	55.93	26/01/2017	16:30	-0.32	-3.20	60.59
28/01/2017	14:30	0.01	0.10	55.92	28/01/2017	14:30	-0.26	-2.60	60.65
30/01/2017	15:30	0.03	0.30	55.94	30/01/2017	15:30	-0.32	-3.20	60.59
31/01/2017	15:30	0.08	0.80	55.99	31/01/2017	15:30	-0.21	-2.10	60.70
01/02/2017	15:30	0.11	1.10	56.02	01/02/2017	15:30	-0.21	-2.10	60.70
02/02/2017	15:30	0.11	1.10	56.02	02/02/2017	15:30	-0.25	-2.50	60.66
03/02/2017	15:30	0.11	1.10	56.02	03/02/2017	15:30	-0.3	-3.00	60.61
04/02/2017	15:30	0.12	1.20	56.03	04/02/2017	15:30	-0.32	-3.20	60.59
06/02/2017	15:30	0.11	1.10	56.02	06/02/2017	15:30	-0.31	-3.10	60.60
08/02/2017	15:30	0.14	1.40	56.05	08/02/2017	15:30	-0.27	-2.70	60.64
09/02/2017	15:30	0.11	1.10	56.02	09/02/2017	15:30	-0.25	-2.50	60.66
10/02/2017	15:30	0.1	1.00	56.01	10/02/2017	15:30	-0.25	-2.50	60.66
11/02/2017	15:30	0.11	1.10	56.02	11/02/2017	15:30	-0.31	-3.10	60.60
13/02/2017	15:30	0.14	1.40	56.05	13/02/2017	15:30	-0.28	-2.80	60.63
14/02/2017	15:30	0.14	1.40	56.05	14/02/2017	15:30	-0.38	-3.80	60.53
15/02/2017	15:20	0.14	1.40	56.05	15/02/2017	15:20	-0.36	-3.60	60.55
16/02/2017	15:40	0.12	1.20	56.03	16/02/2017	15:40	-0.34	-3.40	60.57
17/02/2017	15:30	0.12	1.20	56.03	17/02/2017	15:30	-0.33	-3.30	60.58
18/02/2017	11:00	0.14	1.40	56.05	18/02/2017	11:00	-0.34	-3.40	60.57
20/02/2017	14:00	0.13	1.30	56.04	20/02/2017	14:00	-0.33	-3.30	60.58
21/02/2017	14:30	0.11	1.10	56.02	21/02/2017	14:30	-0.34	-3.40	60.57
22/02/2017	15:40	0.11	1.10	56.02	22/02/2017	15:40	-0.3	-3.00	60.61
23/02/2017	15:40	0.1	1.00	56.01	23/02/2017	15:40	-0.34	-3.40	60.57
24/02/2017	15:40	0.11	1.10	56.02	24/02/2017	15:40	-0.25	-2.50	60.66
25/02/2017	11:00	0.12	1.20	56.03	25/02/2017	11:00	-0.32	-3.20	60.59
27/02/2017	15:20	0.17	1.70	56.08	27/02/2017	15:20	-0.29	-2.90	60.62
28/02/2017	15:20	0.19	1.90	56.10	28/02/2017	15:20	-0.32	-3.20	60.59

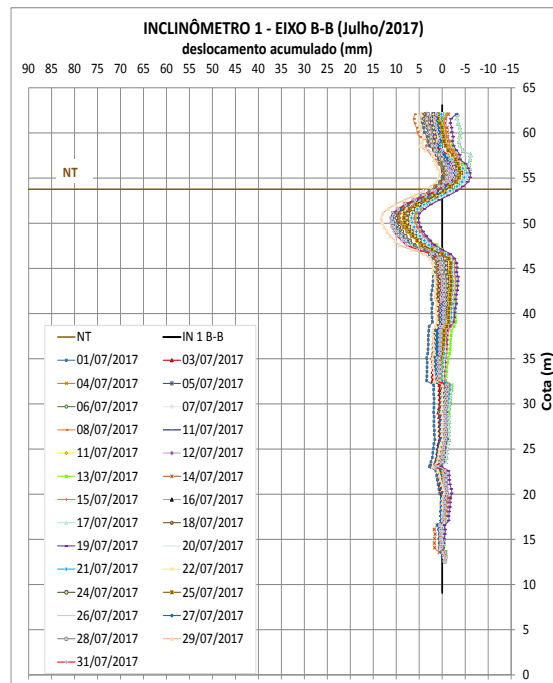
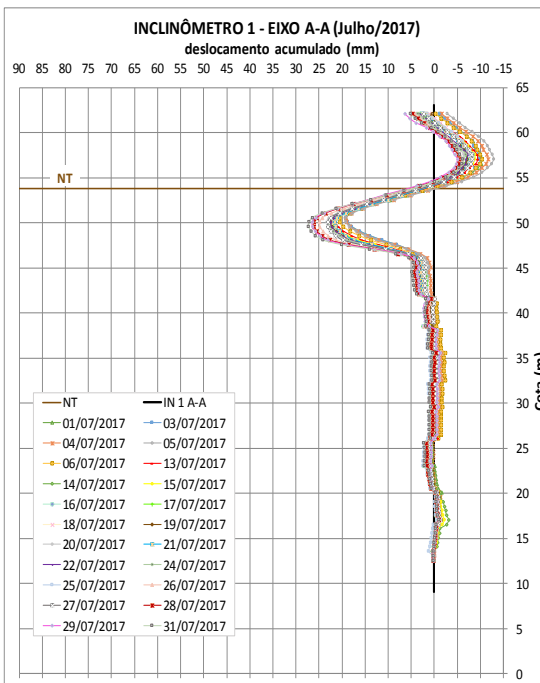
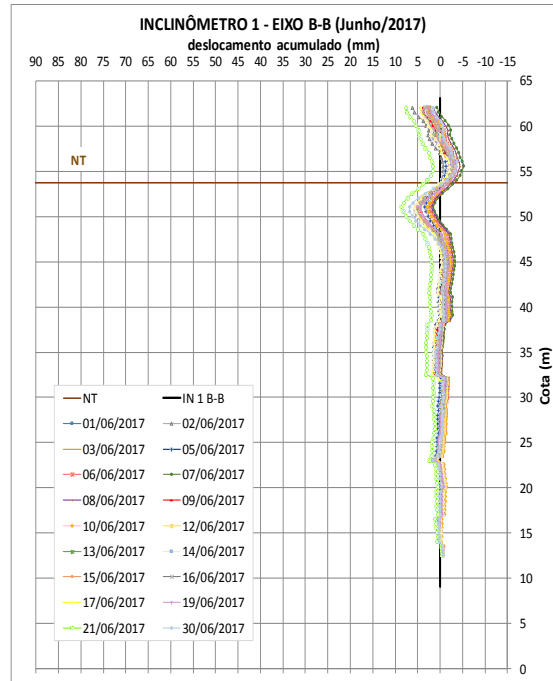
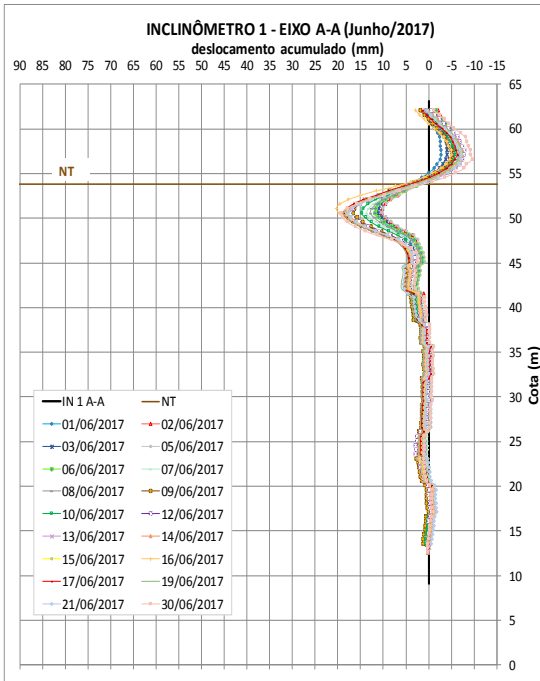
PIEZÔMETRO 3									
PIEZÔMETRO 3B					PIEZÔMETRO 3C				
Data	Horário	carga piez. (m.c.a.)	u (kPa)	cota piez. (m)	Data	Horário	carga piez. (m.c.a.)	u (kPa)	cota piez. (m)
01/03/2017	15:00	0.24	2.40	56.15	01/03/2017	15:00	-0.36	-3.60	60.55
02/03/2017	15:20	0.23	2.30	56.14	02/03/2017	15:20	-0.31	-3.10	60.60
03/03/2017	15:20	0.26	2.60	56.17	03/03/2017	15:20	-0.33	-3.30	60.58
04/03/2017	10:20	0.29	2.90	56.20	04/03/2017	10:20	-0.36	-3.60	60.55
06/03/2017	14:40	0.38	3.80	56.29	06/03/2017	14:40	-0.34	-3.40	60.57
07/03/2017	15:00	0.42	4.20	56.33	07/03/2017	15:00	-0.27	-2.70	60.64
08/03/2017	15:10	0.68	6.80	56.59	08/03/2017	15:10	-0.32	-3.20	60.59
09/03/2017	15:20	0.74	7.40	56.65	09/03/2017	15:20	-0.34	-3.40	60.57
10/03/2017	14:30	0.77	7.70	56.68	10/03/2017	14:30	-0.28	-2.80	60.63
13/03/2017	14:30	0.82	8.20	56.73	13/03/2017	14:30	-0.28	-2.80	60.63
14/03/2017	14:30	0.84	8.40	56.75	14/03/2017	14:30	-0.32	-3.20	60.59
15/03/2017	14:30	0.85	8.50	56.76	15/03/2017	14:30	-0.35	-3.50	60.56
16/03/2017	14:30	0.87	8.70	56.78	16/03/2017	14:30	-0.28	-2.80	60.63
17/03/2017	14:30	0.89	8.90	56.80	17/03/2017	14:30	-0.32	-3.20	60.59
18/03/2017	11:00	0.92	9.20	56.83	18/03/2017	11:00	-0.34	-3.40	60.57
20/03/2017	11:00	0.97	9.70	56.88	20/03/2017	11:00	-0.31	-3.10	60.60
21/03/2017	10:15	1.01	10.10	56.92	21/03/2017	10:15	-0.33	-3.30	60.58
22/03/2017	11:15	1.04	10.40	56.95	22/03/2017	11:15	-0.27	-2.70	60.64
23/03/2017	11:00	1.09	10.90	57.00	23/03/2017	11:00	-0.32	-3.20	60.59
24/03/2017	11:30	1.14	11.40	57.05	24/03/2017	11:30	-0.33	-3.30	60.58
25/03/2017	10:50	1.17	11.70	57.08	25/03/2017	10:50	-0.36	-3.60	60.55
27/03/2017	11:00	1.19	11.90	57.10	27/03/2017	11:00	-0.33	-3.30	60.58
28/03/2017	08:30	1.19	11.90	57.10	28/03/2017	08:30	-0.36	-3.60	60.55
29/03/2017	10:45	1.22	12.20	57.13	29/03/2017	10:45	-0.28	-2.80	60.63
30/03/2017	11:45	1.22	12.20	57.13	30/03/2017	11:45	-0.32	-3.20	60.59
31/03/2017	11:15	1.23	12.30	57.14	31/03/2017	11:15	-0.33	-3.30	60.58
01/04/2017	11:15	1.24	12.40	57.15	01/04/2017	11:15	-0.35	-3.50	60.56
03/04/2017	11:15	1.27	12.70	57.18	03/04/2017	11:15	-0.32	-3.20	60.59
08/04/2017	11:25	1.38	13.80	57.29	08/04/2017	11:25	-0.35	-3.50	60.56
10/04/2017	08:00	1.38	13.80	57.29	10/04/2017	08:00	-0.38	-3.80	60.53
17/04/2017	10:00	1.33	13.30	57.24	17/04/2017	10:00	-0.33	-3.30	60.58
24/04/2017	11:08	1.21	12.10	57.12	24/04/2017	11:08	-0.36	-3.60	60.55
01/05/2017	10:08	1.04	10.40	56.95	01/05/2017	10:08	-0.37	-3.70	60.54
08/05/2017	11:08	1.11	11.10	57.02	08/05/2017	11:08	-0.32	-3.20	60.59
15/05/2017	11:08	0.53	5.30	56.44	15/05/2017	11:08	-0.38	-3.80	60.53
22/05/2017	11:28	0.41	4.10	56.32	22/05/2017	11:28	-0.38	-3.80	60.53
29/05/2017	11:28	0.18	1.80	56.09	29/05/2017	11:28	-0.87	-8.70	60.04
05/06/2017	10:28	0.18	1.80	56.09	05/06/2017	10:28	-0.39	-3.90	60.52
07/06/2017	16:28	0.01	0.10	55.92	07/06/2017	16:28	-0.41	-4.10	60.50
12/06/2017	11:28	-0.22	-2.20	55.69	12/06/2017	11:28	-0.34	-3.40	60.57
19/06/2017	12:28	-0.36	-3.60	55.55	19/06/2017	12:28	-0.38	-3.80	60.53
26/06/2017	12:28	-0.47	-4.70	55.44	26/06/2017	12:28	-0.37	-3.70	60.54
03/07/2017	14:00	-0.54	-5.40	55.37	03/07/2017	14:00	-0.37	-3.70	60.54
12/07/2017	11:00	-0.41	-4.10	55.50	12/07/2017	11:00	-0.34	-3.40	60.57
17/07/2017	11:00	-0.41	-4.10	55.50	17/07/2017	11:00	-0.39	-3.90	60.52
24/07/2017	12:00	-0.37	-3.70	55.54	24/07/2017	12:00	-0.37	-3.70	60.54
31/07/2017	12:00	-0.38	-3.80	55.53	31/07/2017	12:00	-0.32	-3.20	60.59
07/08/2017	12:00	-0.39	-3.90	55.52	07/08/2017	12:00	-0.39	-3.90	60.52
14/08/2017	10:30	-0.39	-3.90	55.52	14/08/2017	10:30	-0.41	-4.10	60.50
21/08/2017	10:30	-0.35	-3.50	55.56	21/08/2017	10:30	-0.38	-3.80	60.53
28/08/2017	11:30	-0.45	-4.50	55.46	28/08/2017	11:30	-0.42	-4.20	60.49
04/09/2017	11:30	-0.46	-4.60	55.45	04/09/2017	11:30	-0.38	-3.80	60.53
11/09/2017	11:30	-0.36	-3.60	55.55	11/09/2017	11:30	-0.35	-3.50	60.56
18/09/2017	14:30	-0.40	-4.00	55.51	18/09/2017	14:30	-0.43	-4.30	60.48
25/09/2017	12:30	-0.39	-3.90	55.52	25/09/2017	12:30	-0.39	-3.90	60.52
02/10/2017	14:00	-0.47	-4.70	55.44	02/10/17	14:00	-0.36	-3.60	60.55
09/10/2017	09:00	-0.21	-2.10	55.70	09/10/17	09:00	-0.43	-4.30	60.48
16/10/2017	12:00	-0.17	-1.70	55.74	16/10/17	12:00	-0.41	-4.10	60.50
23/10/2017	12:00	-0.18	-1.80	55.73	23/10/17	12:00	-0.40	-4.00	60.51
30/10/2017	12:00	-0.24	-2.40	55.67	30/10/17	12:00	-0.40	-4.00	60.51
06/11/2017	12:00	-0.16	-1.60	55.75	06/11/2017	12:00	-0.38	-3.80	60.53
13/11/2017	12:00	-2.11	-21.10	53.80	13/11/2017	12:00	-0.46	-4.60	60.45
20/11/2017	11:30	-0.19	-1.90	55.72	20/11/2017	11:30	-0.45	-4.50	60.46
27/11/2017	11:00	-0.18	-1.80	55.73	27/11/2017	11:00	-0.45	-4.50	60.46

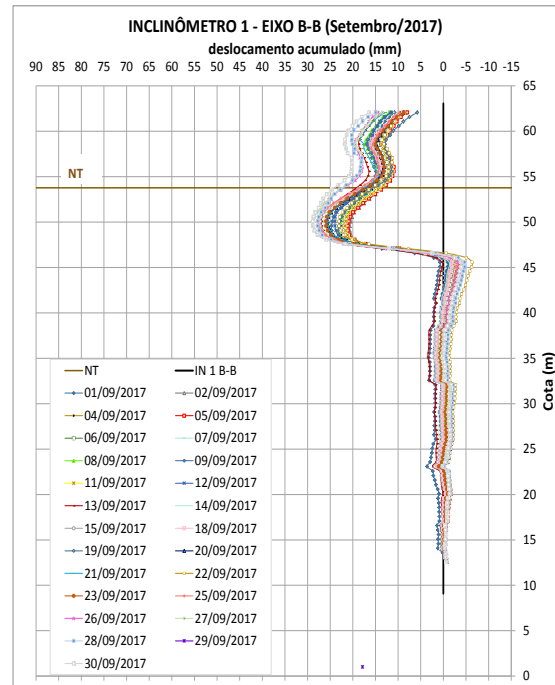
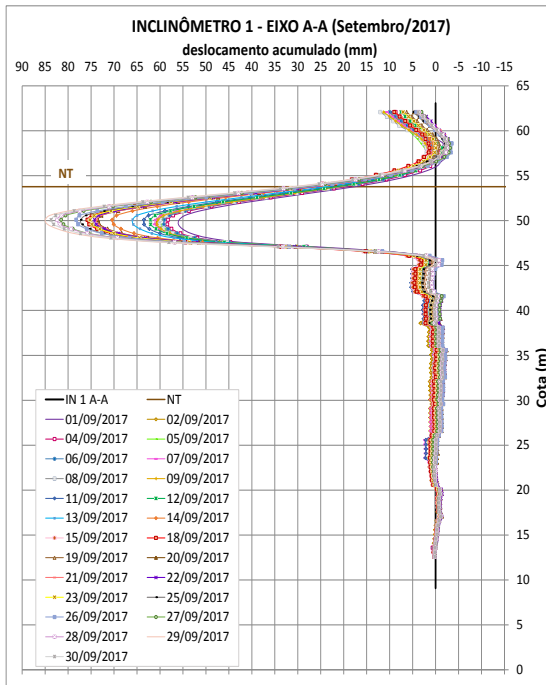
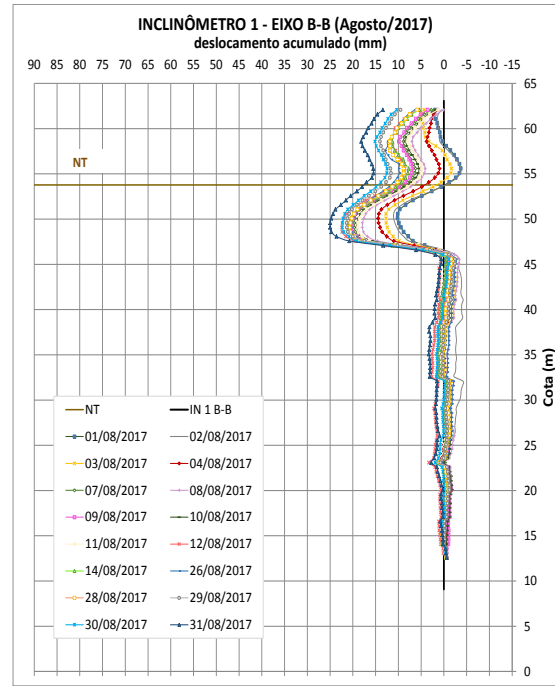
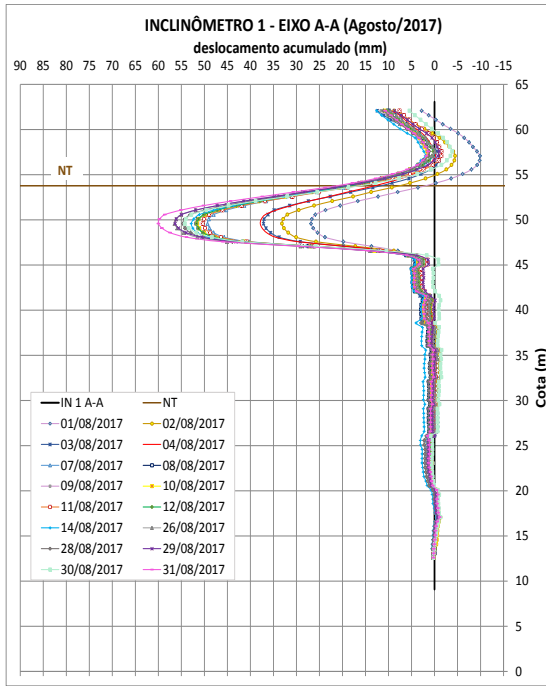
3. Inclínômetros

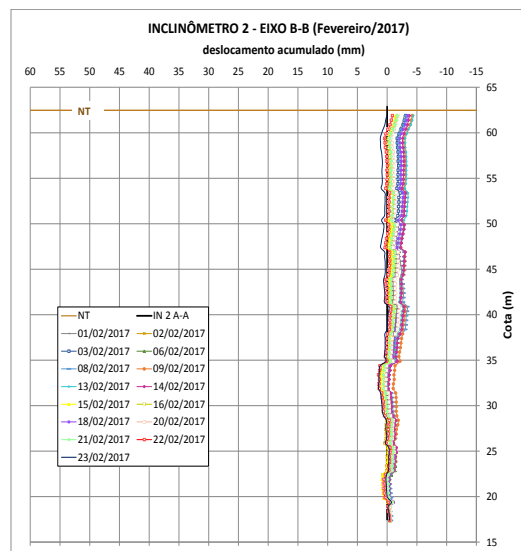
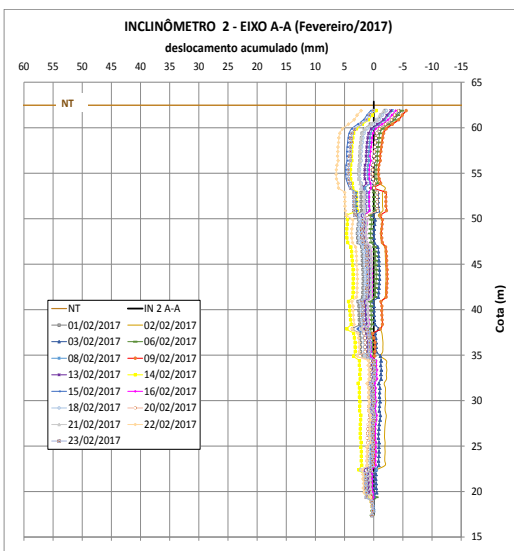
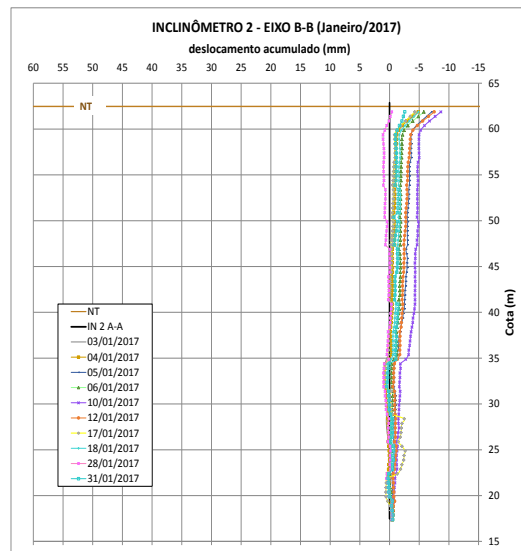
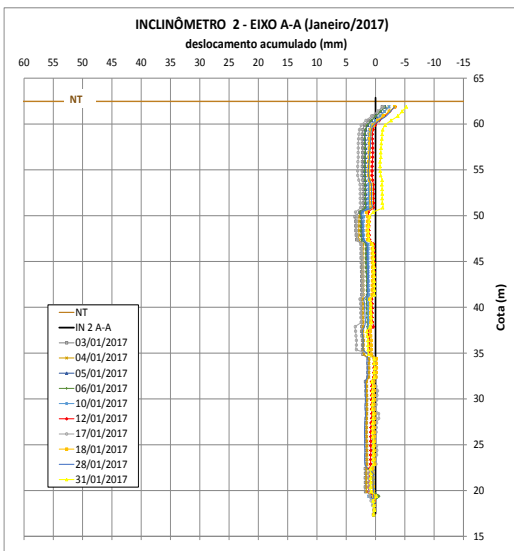
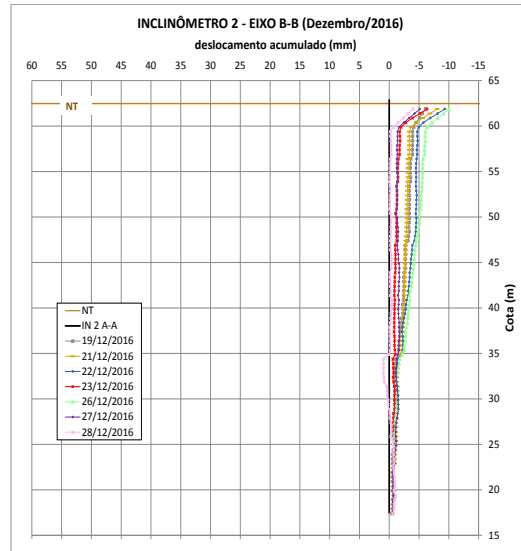
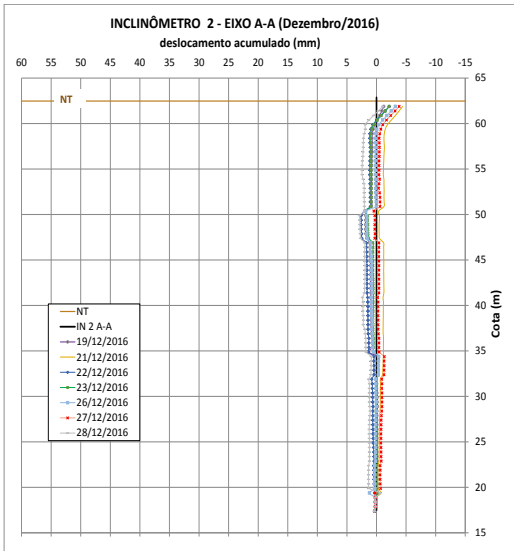


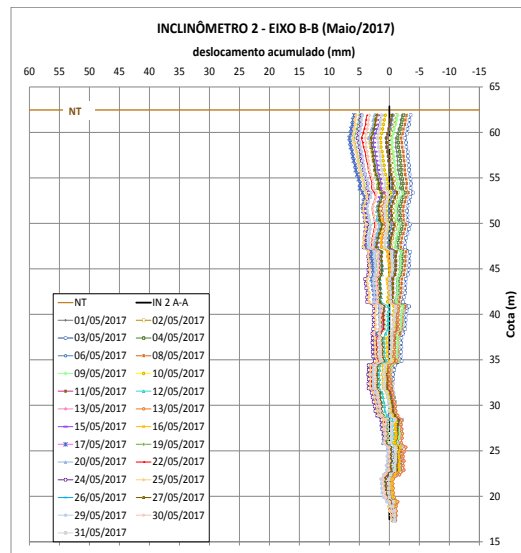
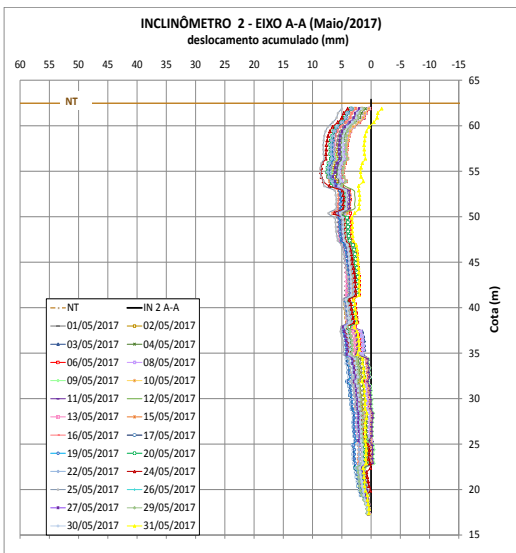
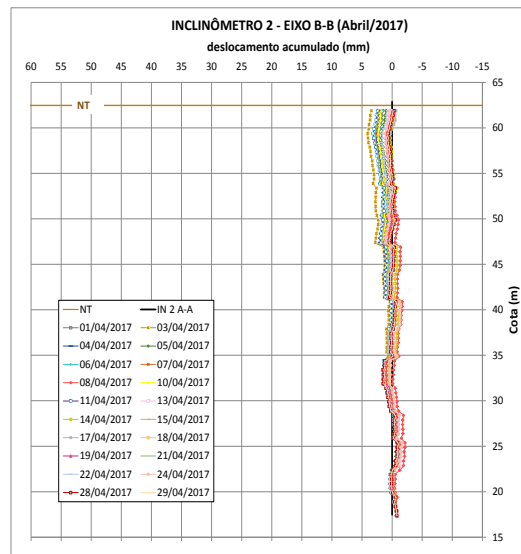
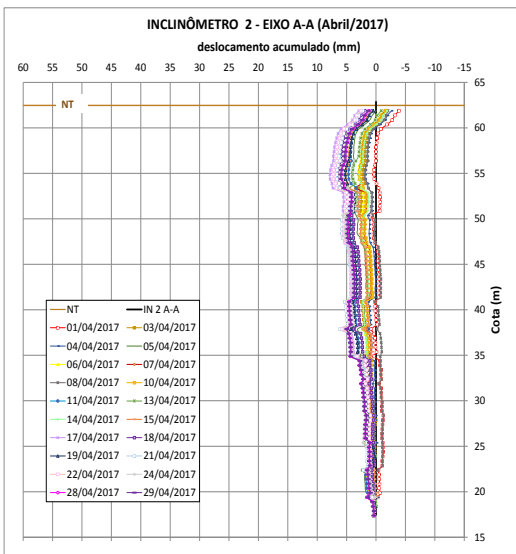
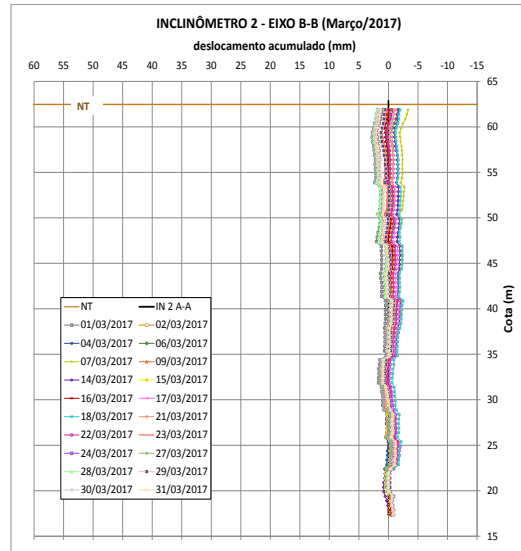
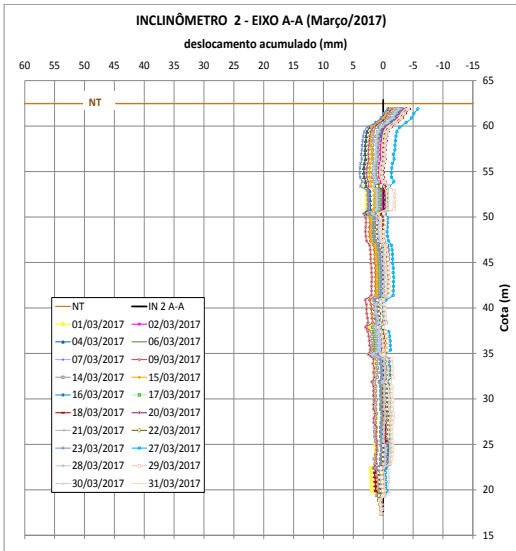


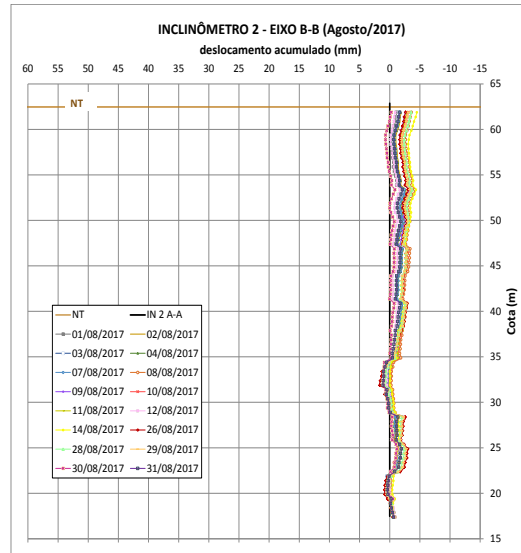
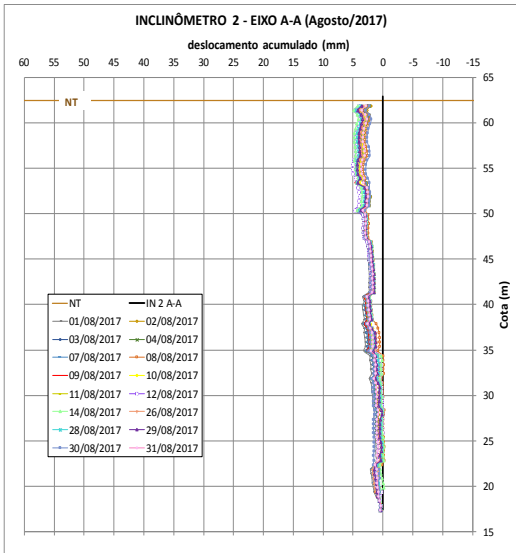
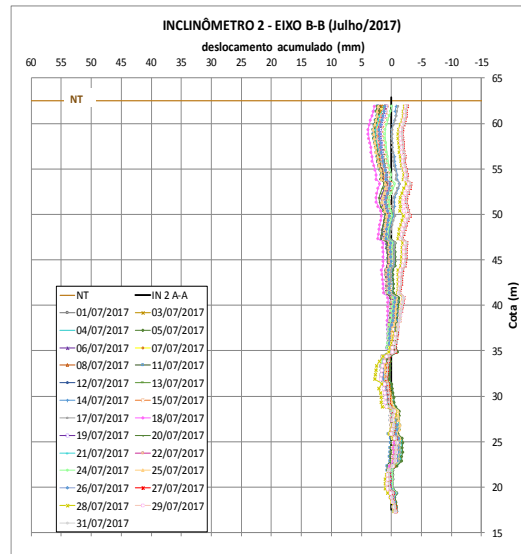
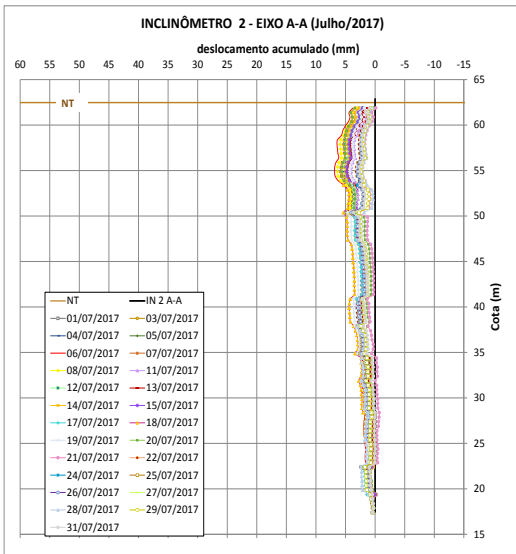
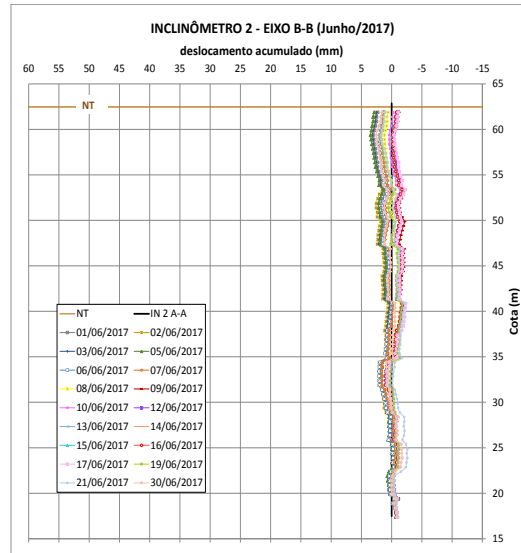
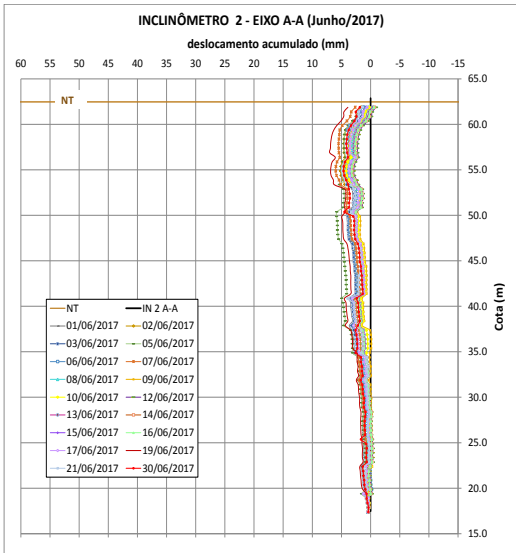


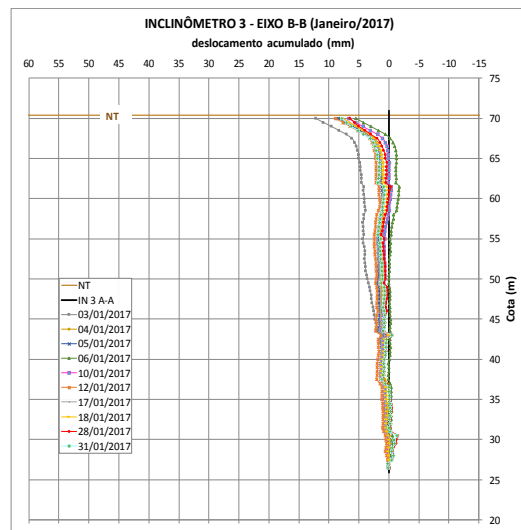
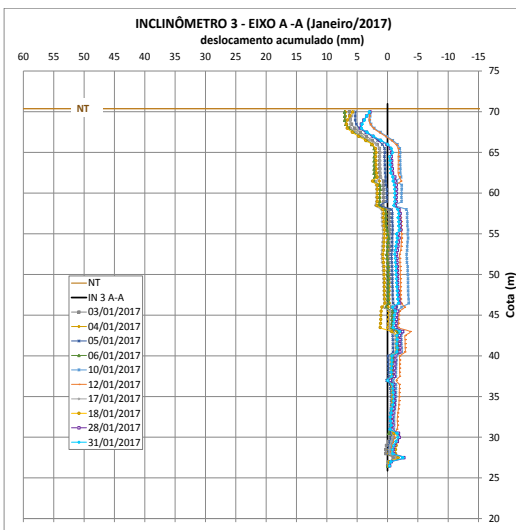
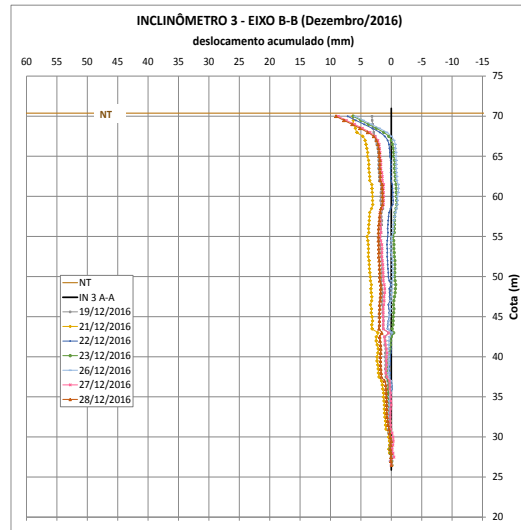
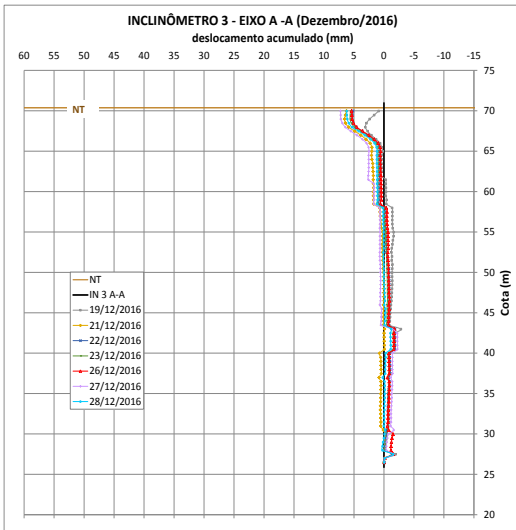
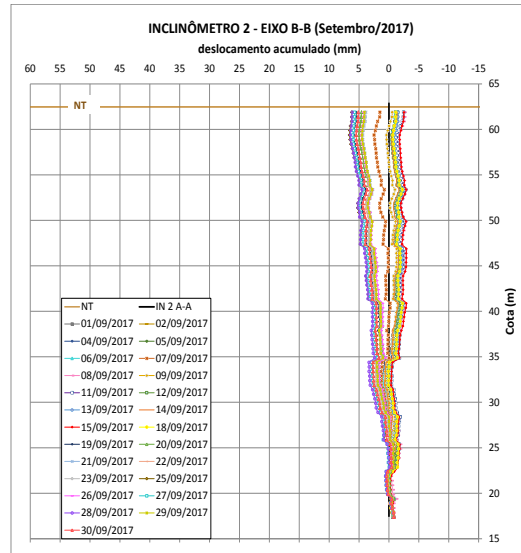
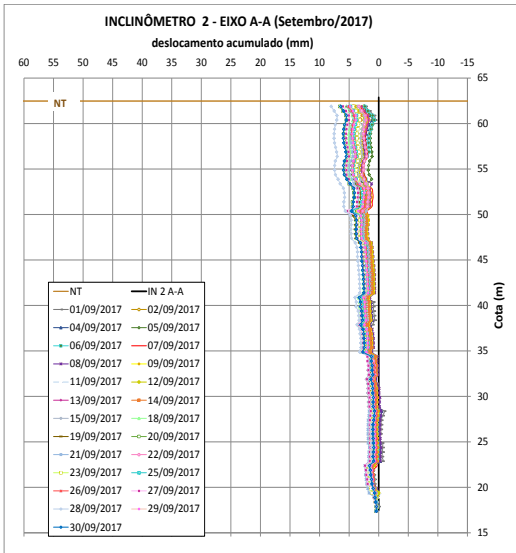


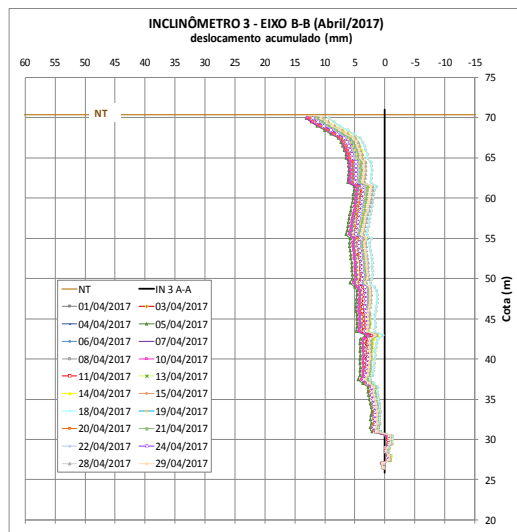
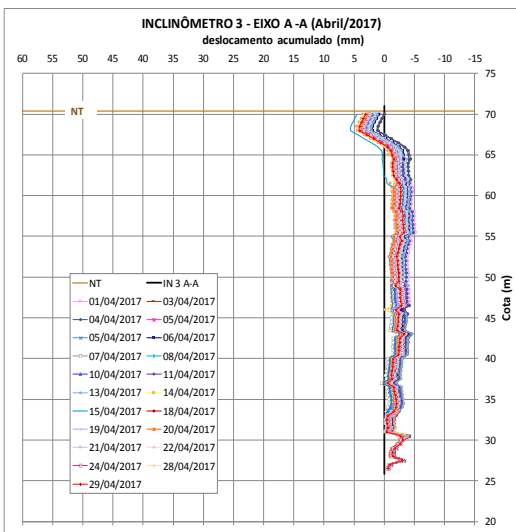
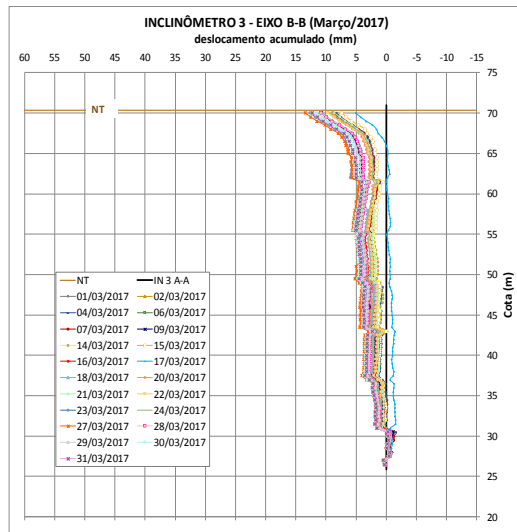
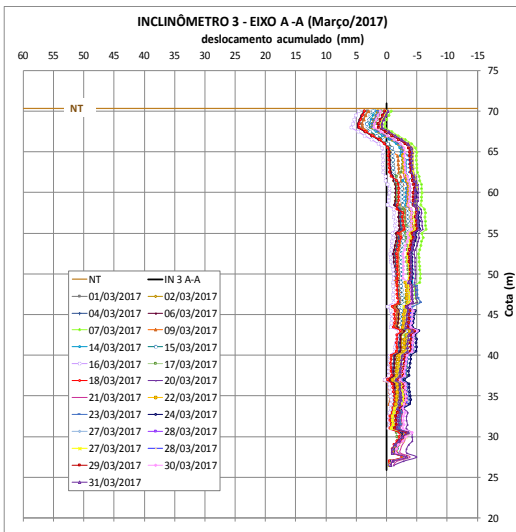
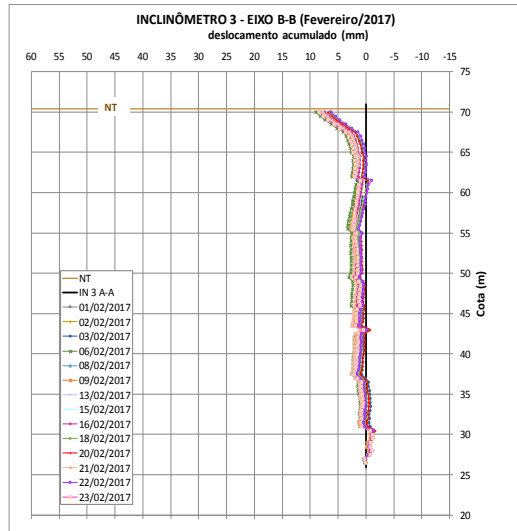
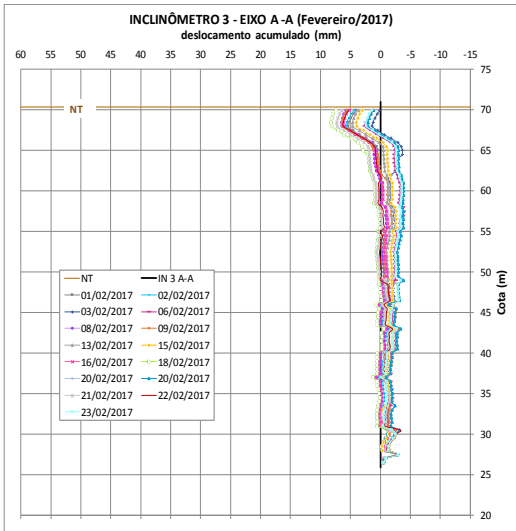


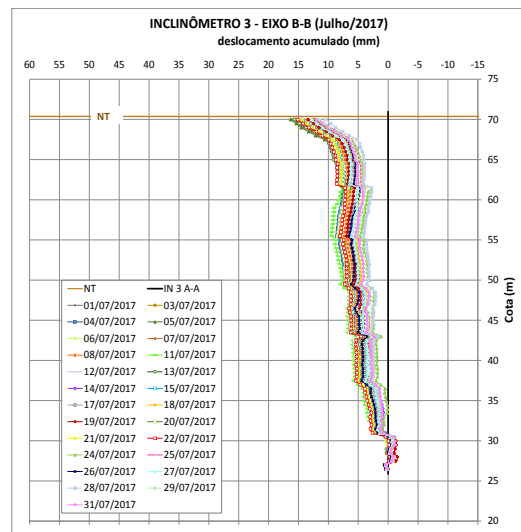
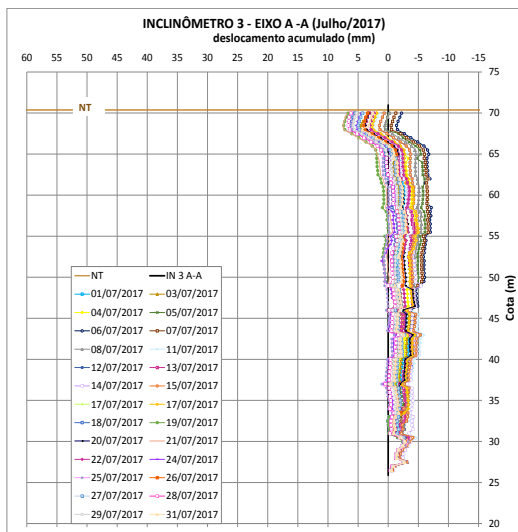
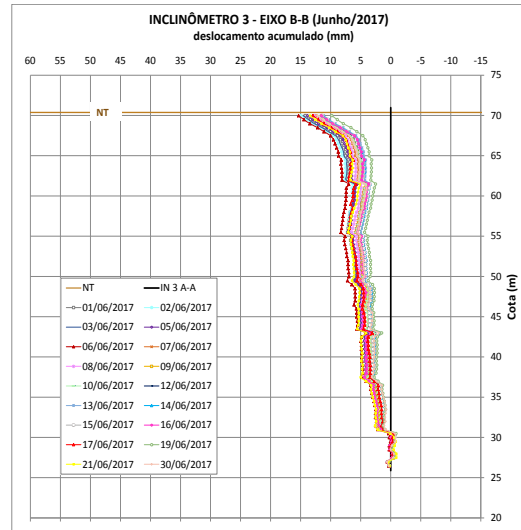
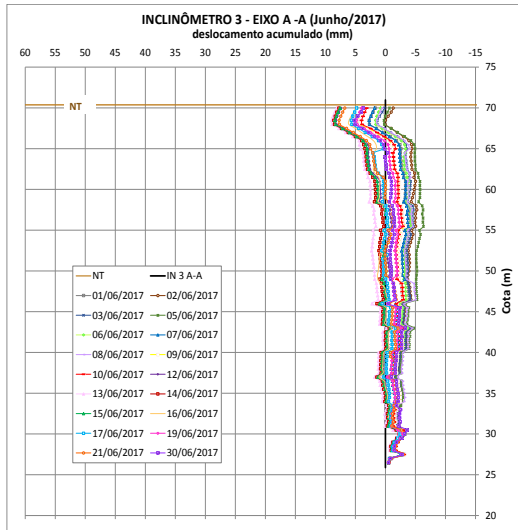
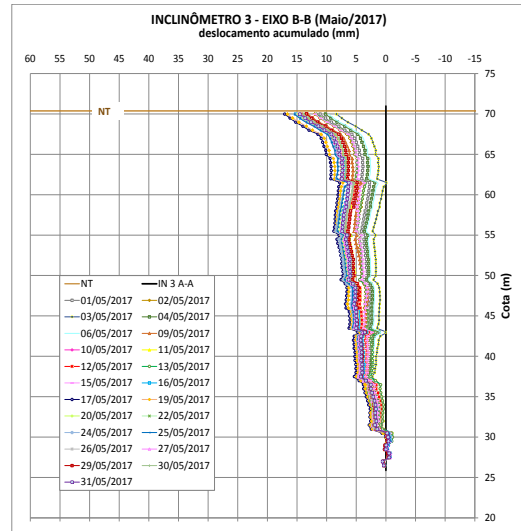
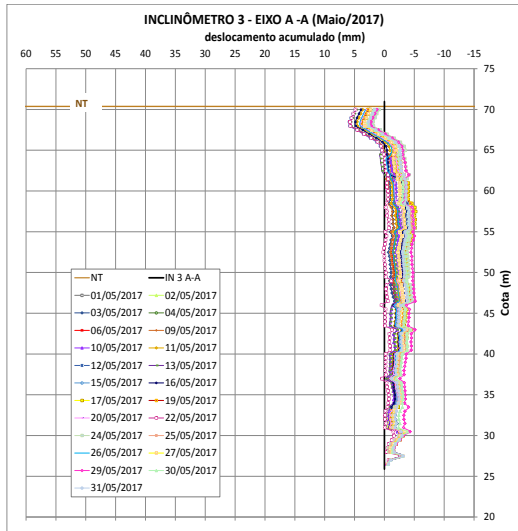


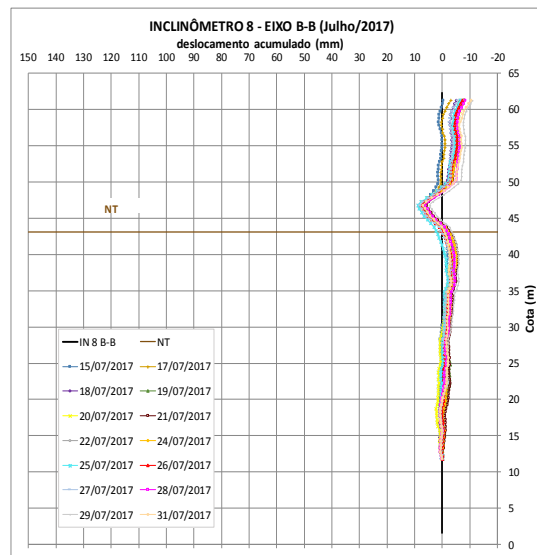
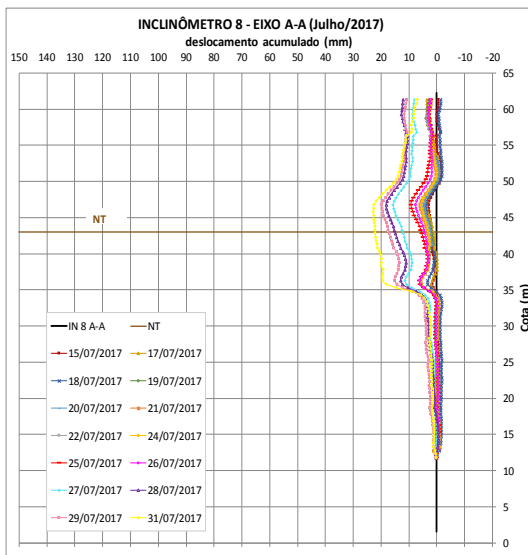
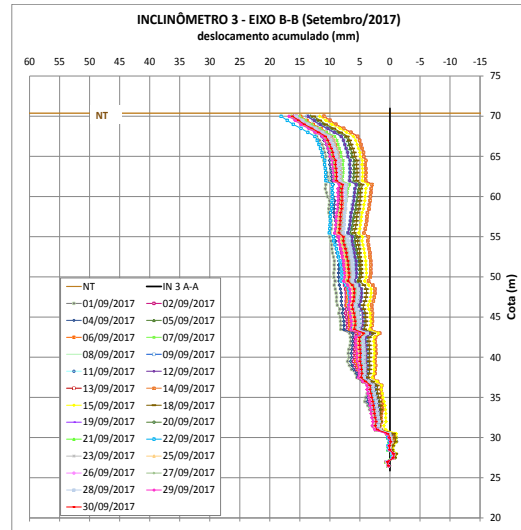
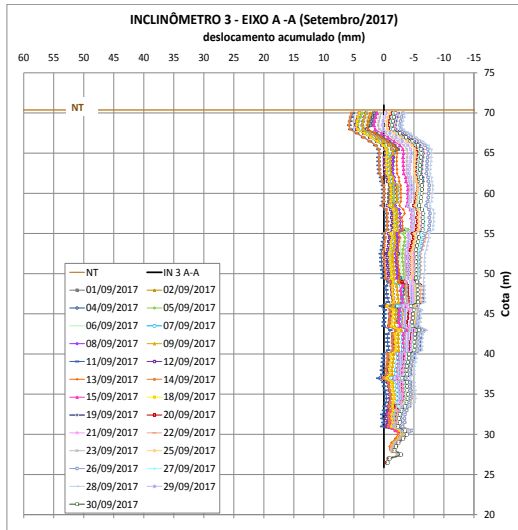
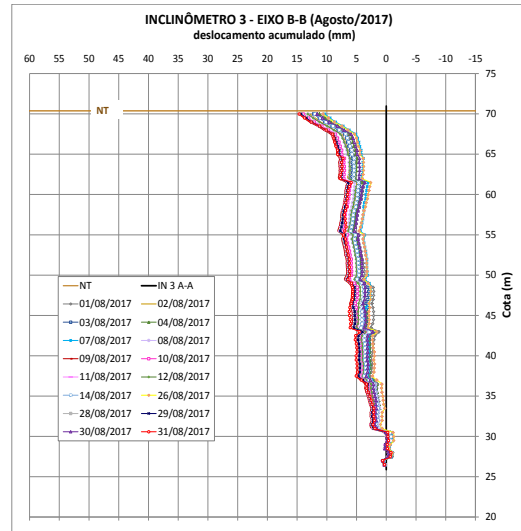
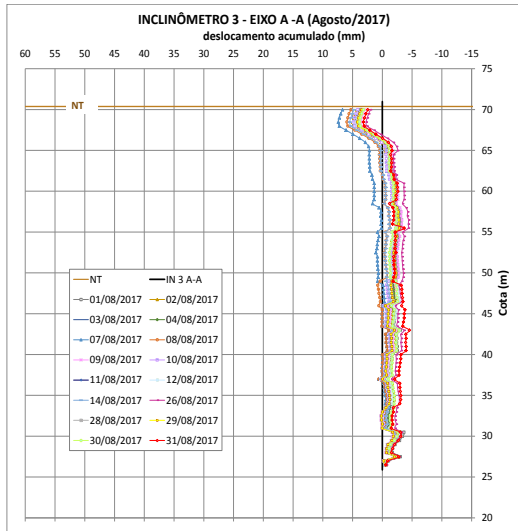


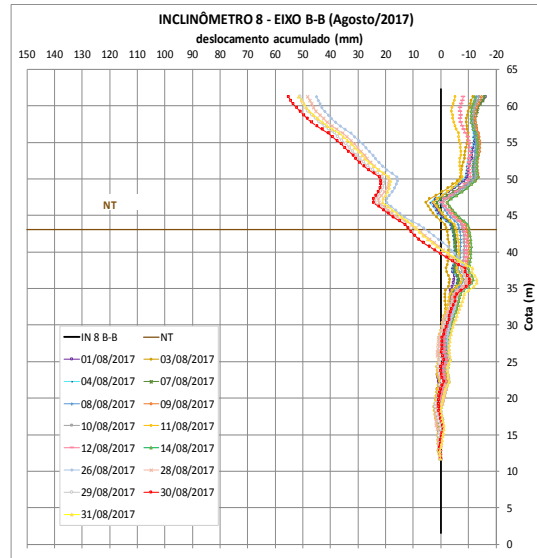
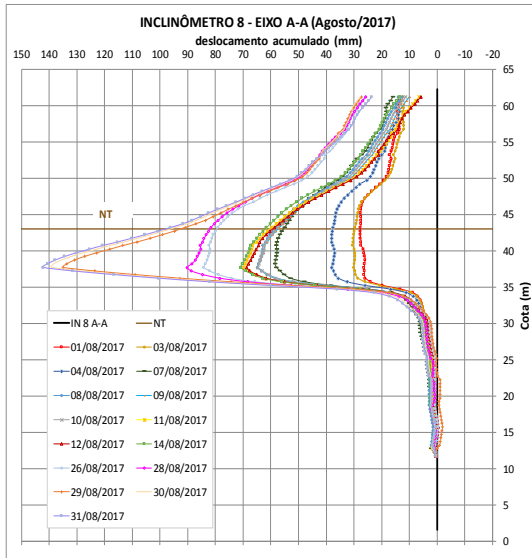












APÊNDICE B - ANÁLISES DE ESTABILIDADE

PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA EFETIVOS ($c'=10$ kPa e $\phi'=31^\circ$)

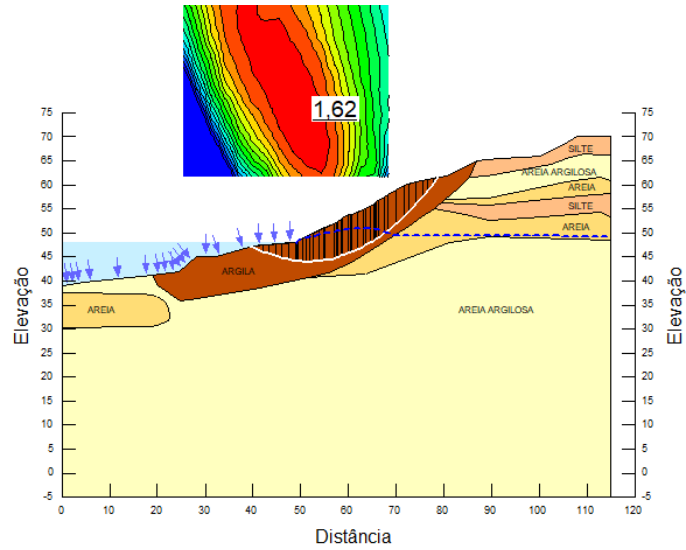
14/12/2016

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



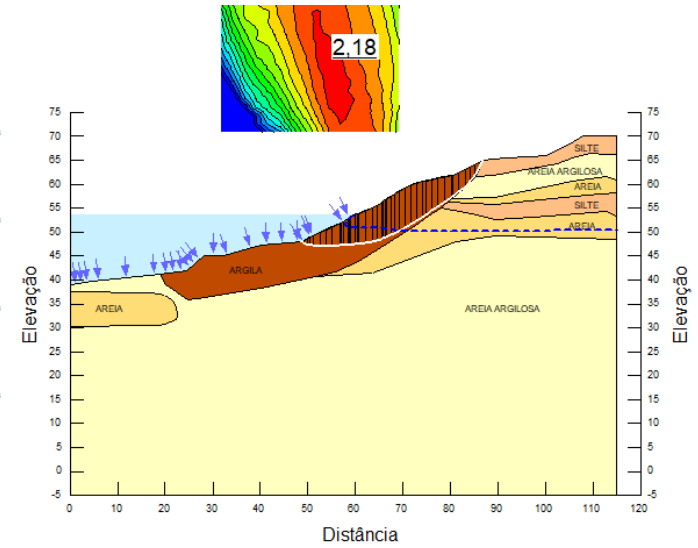
14/01/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



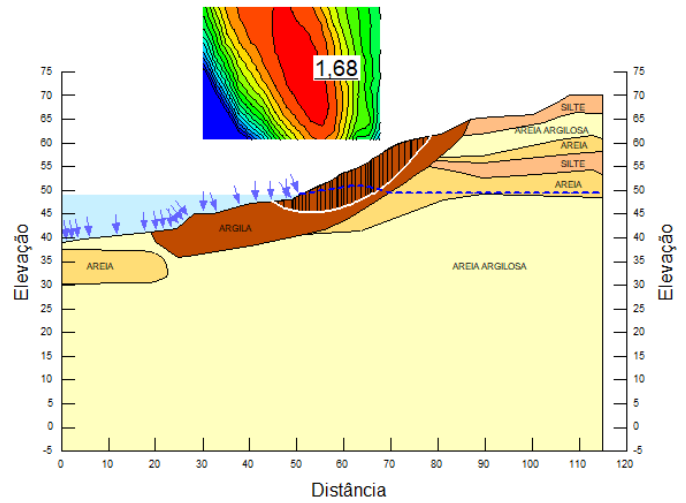
28/12/2016

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



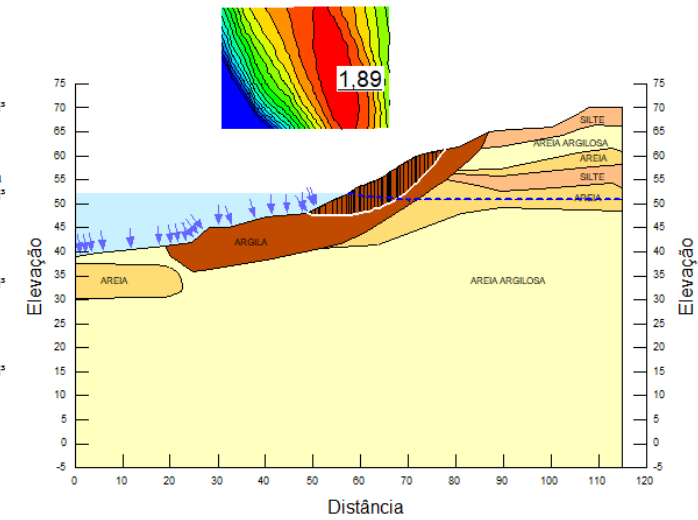
28/01/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



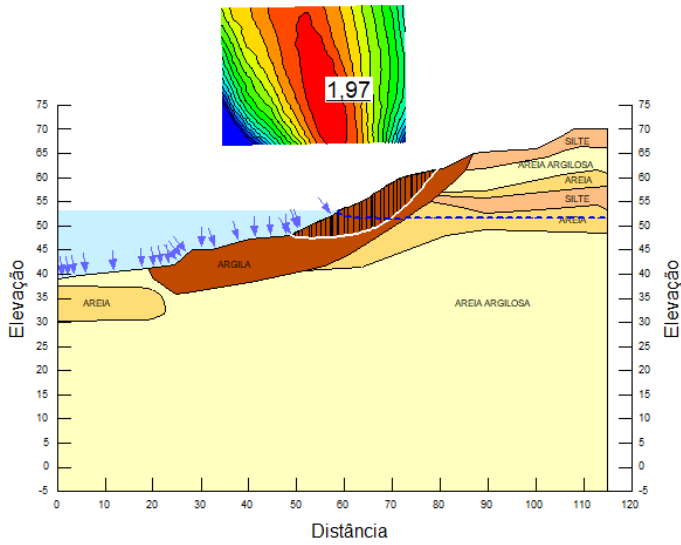
14/02/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



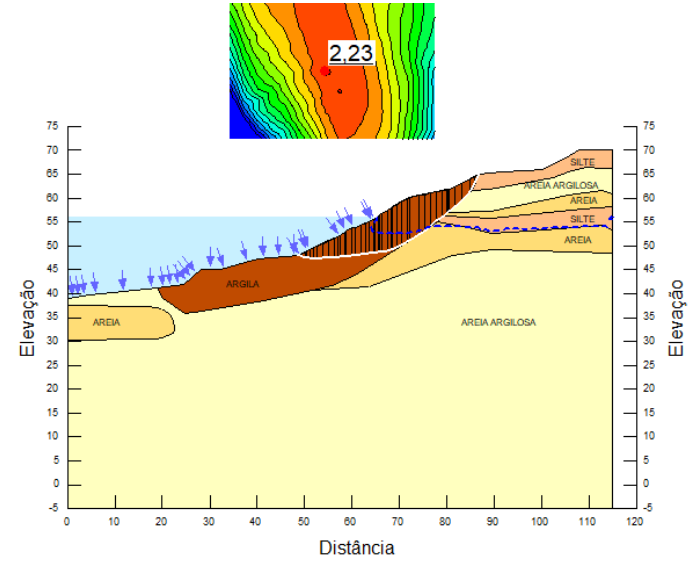
14/03/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



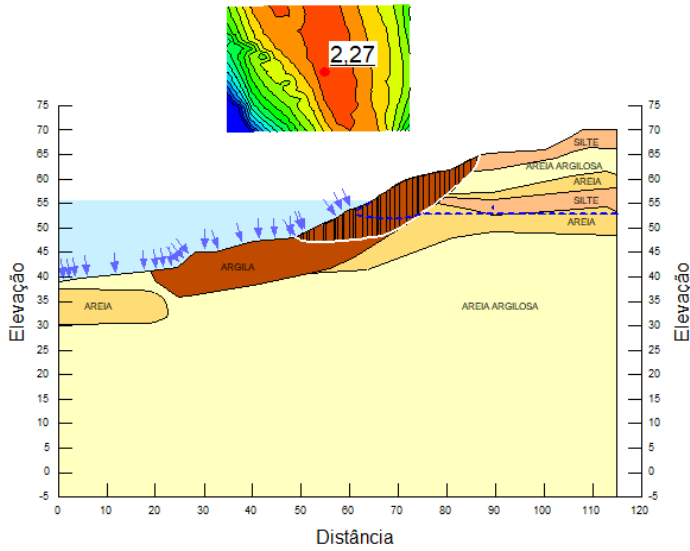
28/02/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



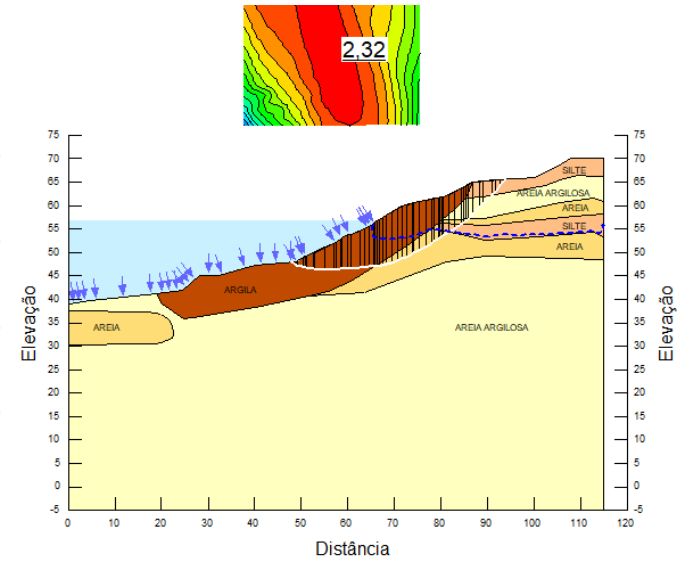
23/03/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



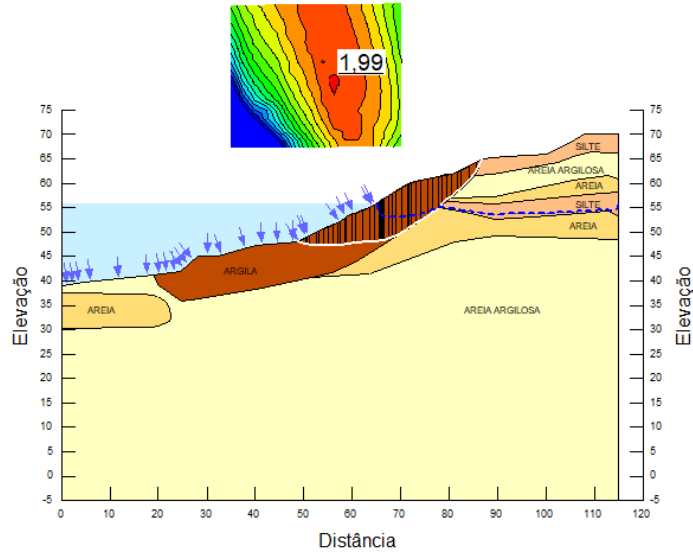
31/03/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



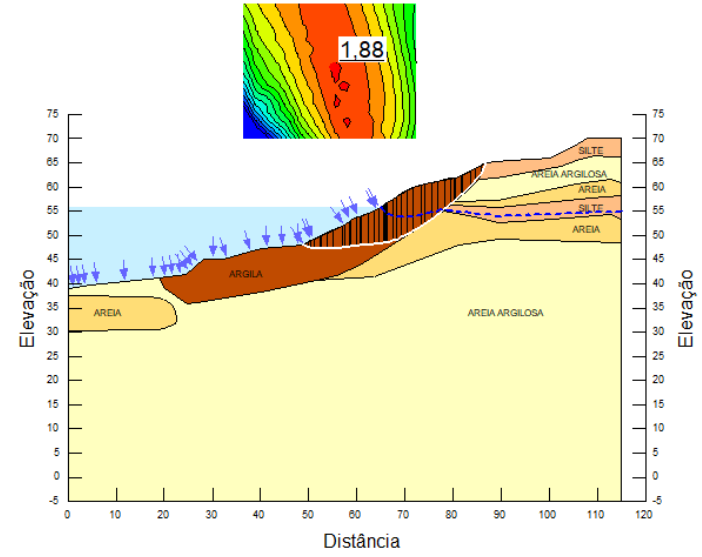
01/05/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



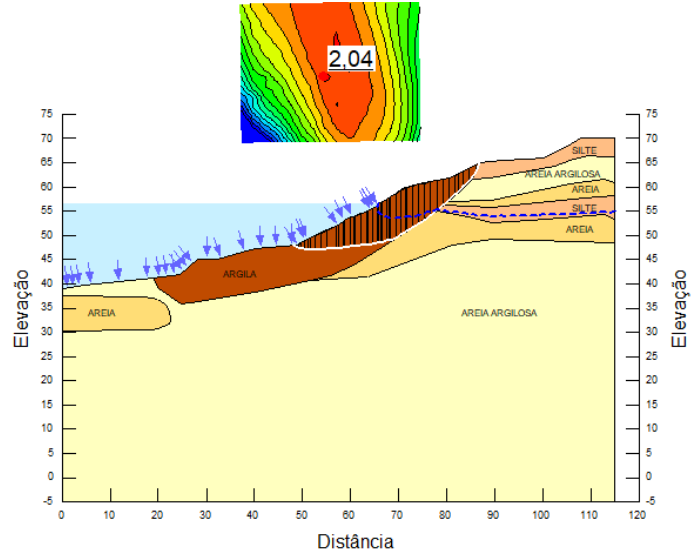
17/04/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



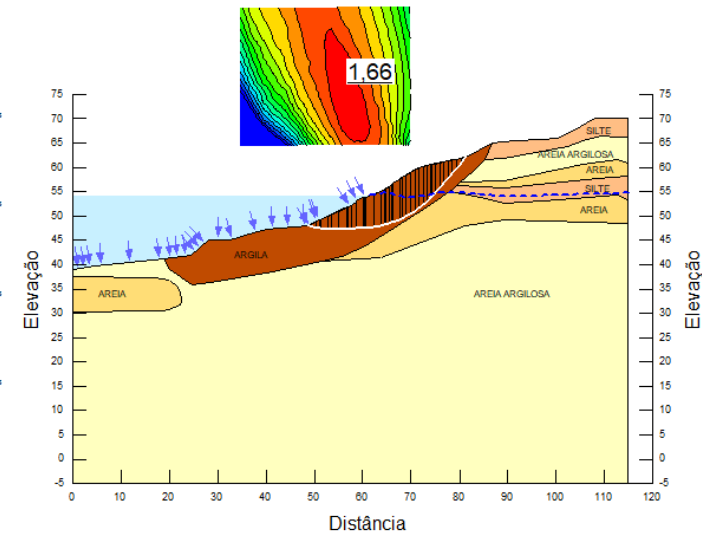
15/05/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



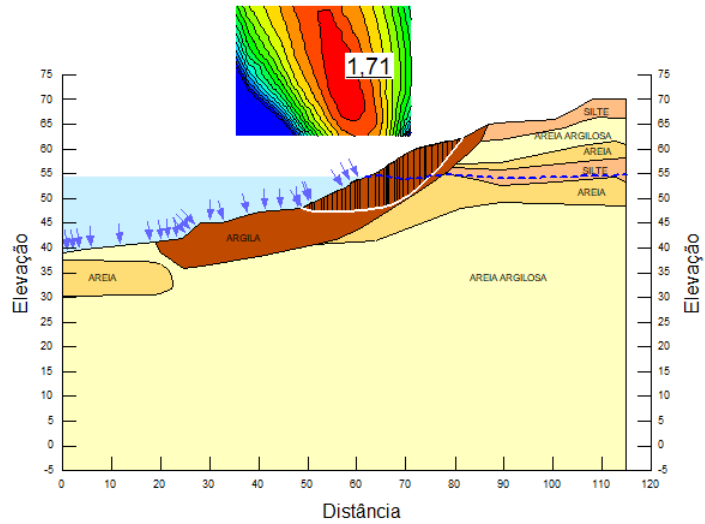
29/05/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



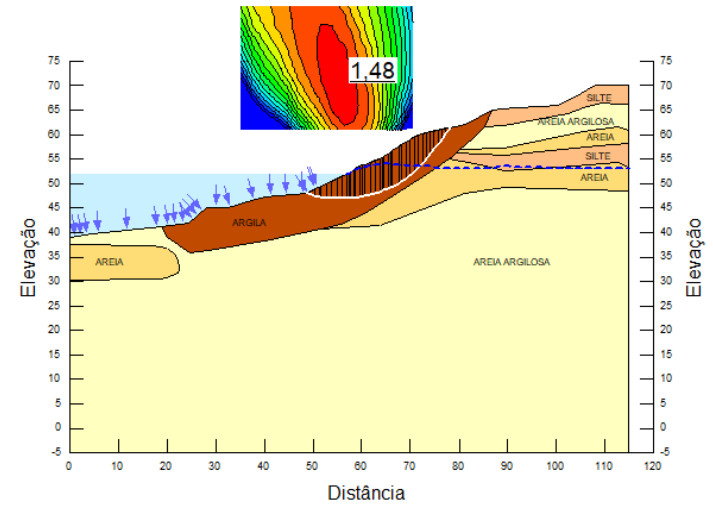
26/06/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



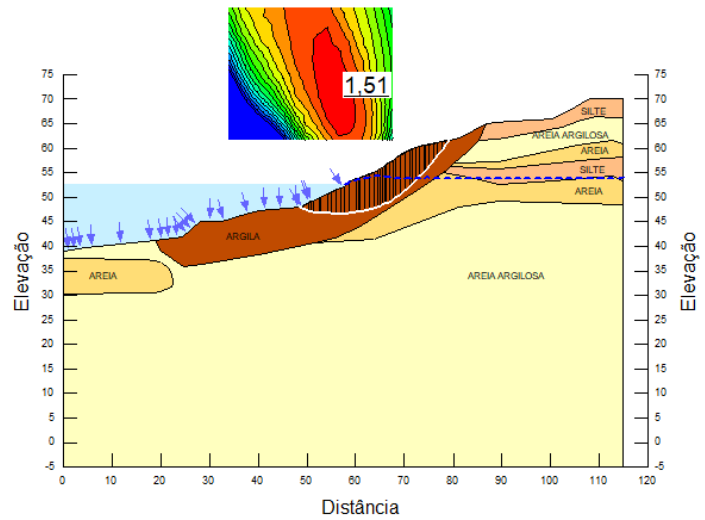
12/06/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



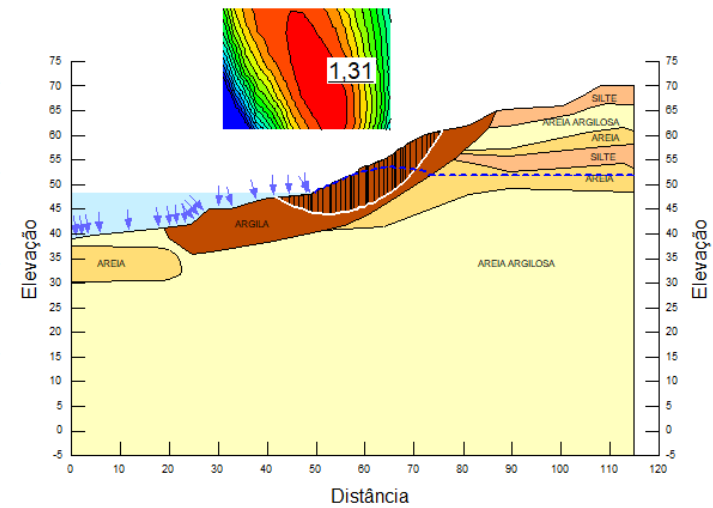
17/07/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



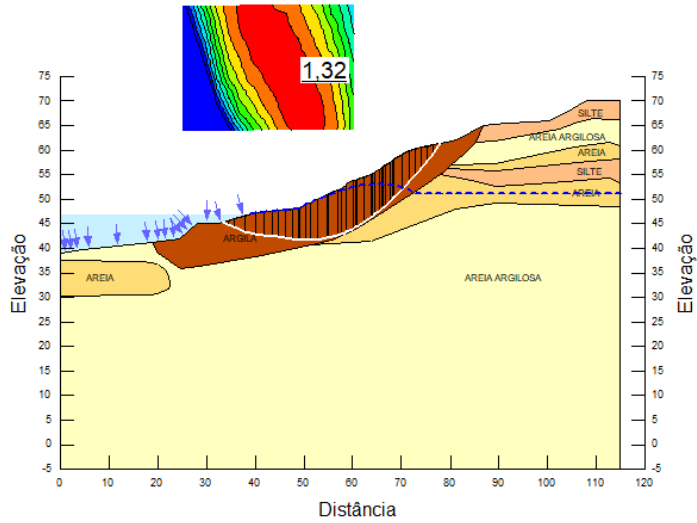
31/07/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



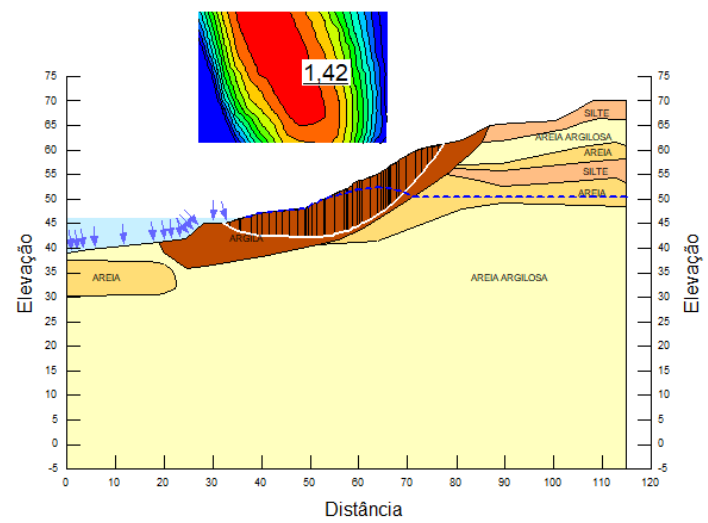
28/08/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



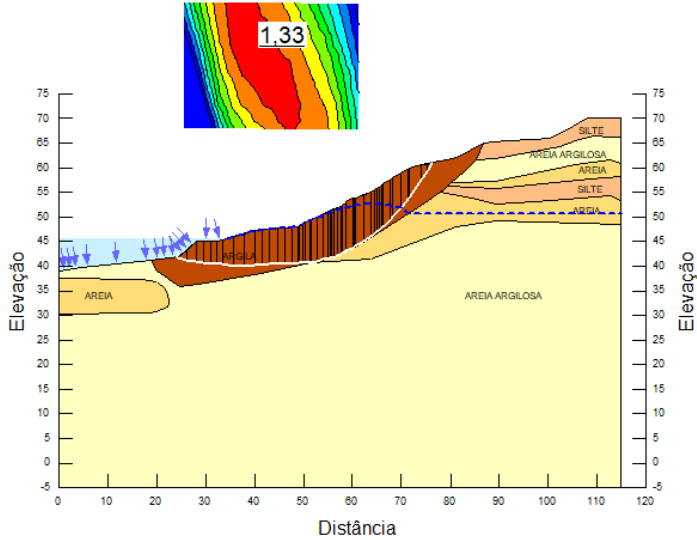
14/08/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



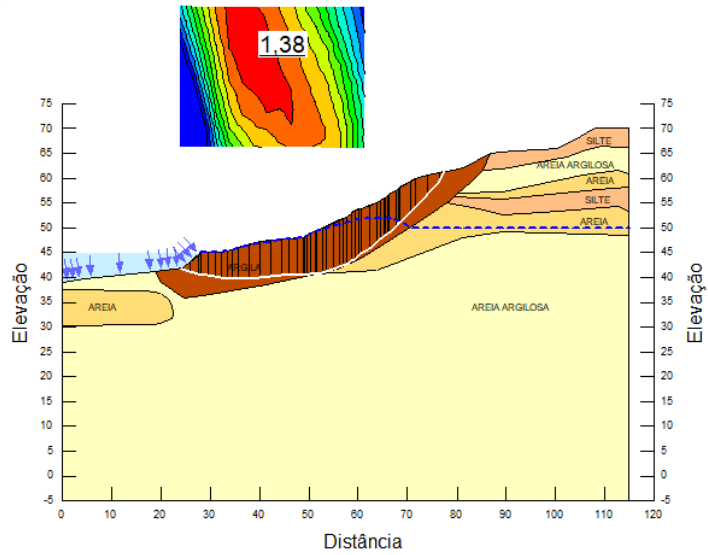
11/09/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

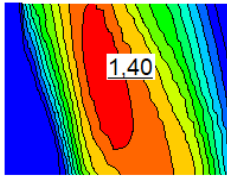
Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



28/09/2017

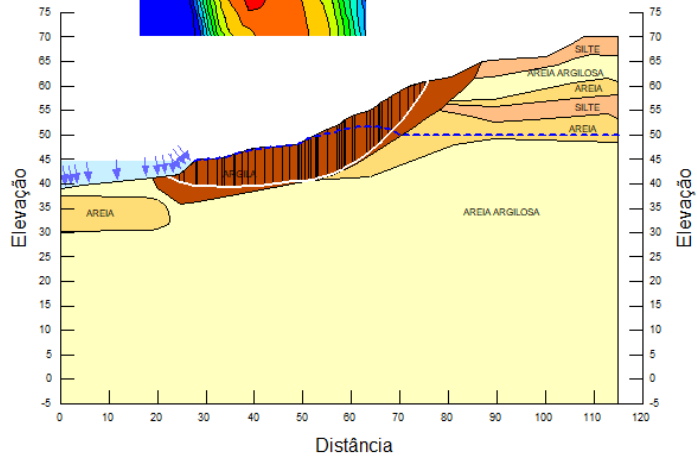


Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 31 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



PARÂMETROS DE RESISTÊNCIA $c = 10 \text{ kPa}$ e $\phi^* = 20^\circ$

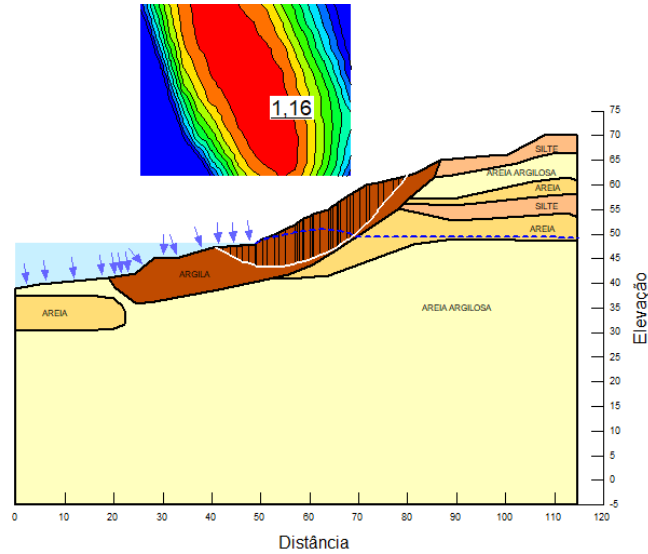
14/12/2016

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



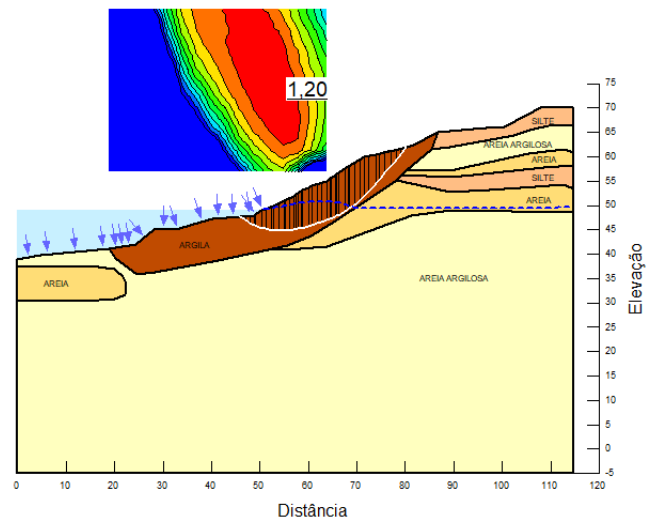
28/12/2016

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



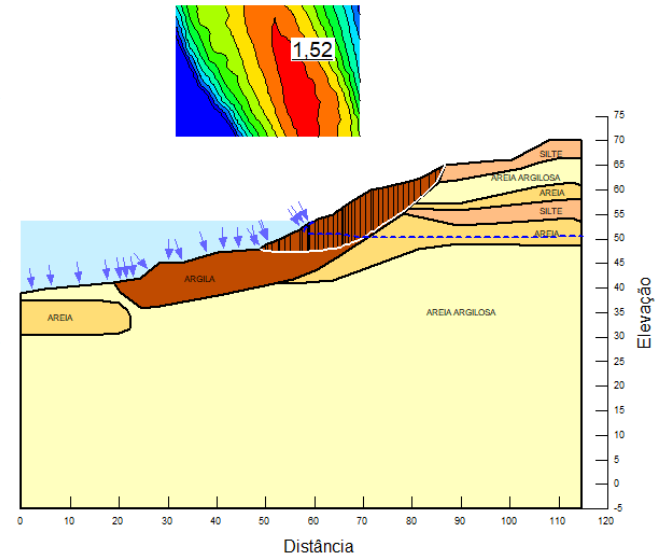
14/01/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



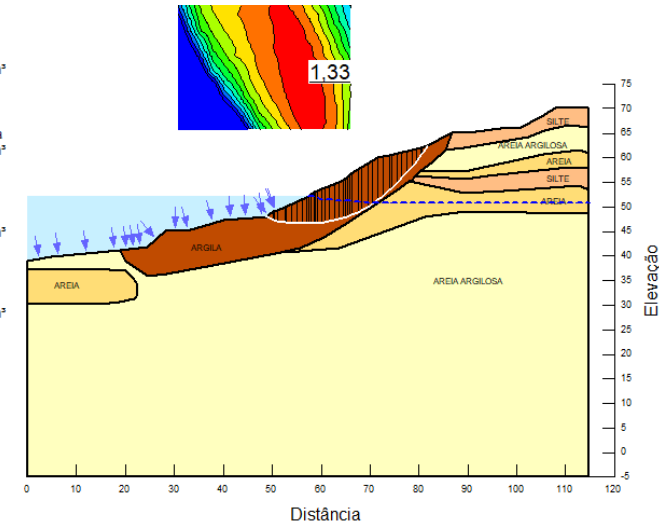
28/01/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



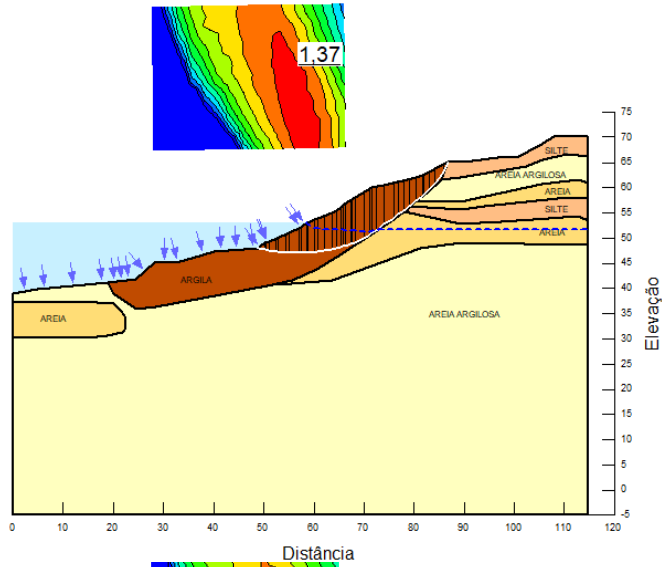
14/02/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



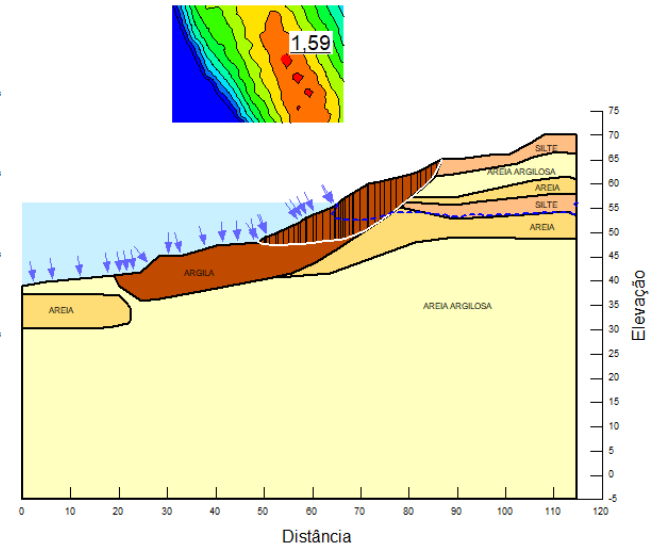
14/03/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



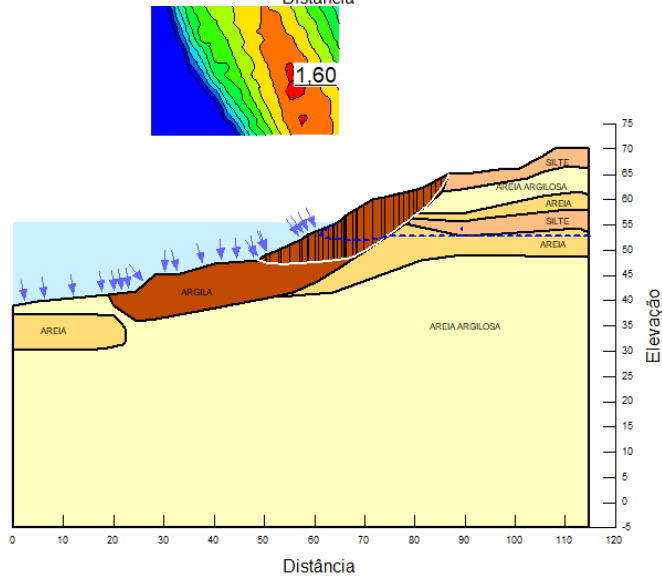
28/02/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



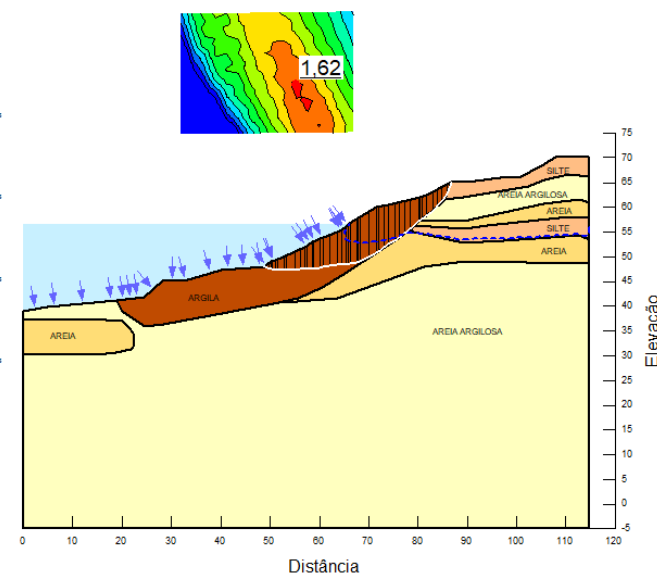
23/03/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



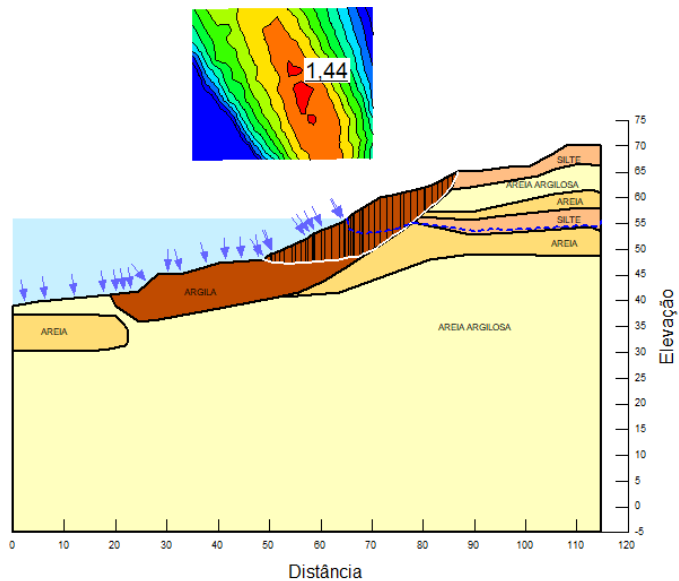
31/03/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



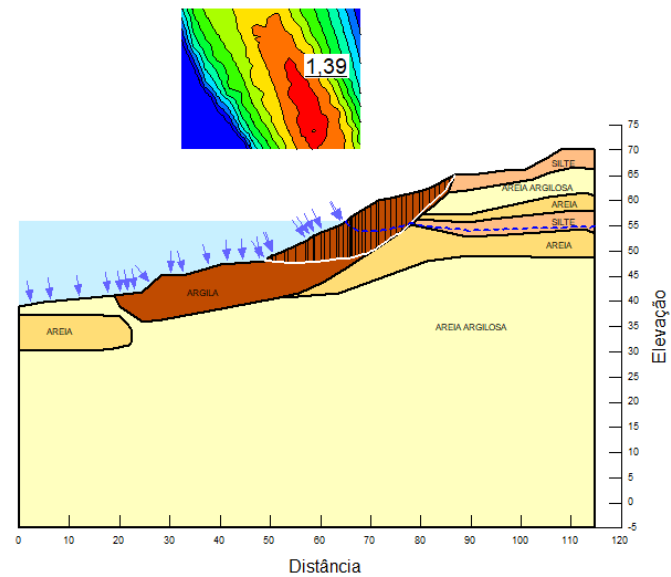
01/05/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



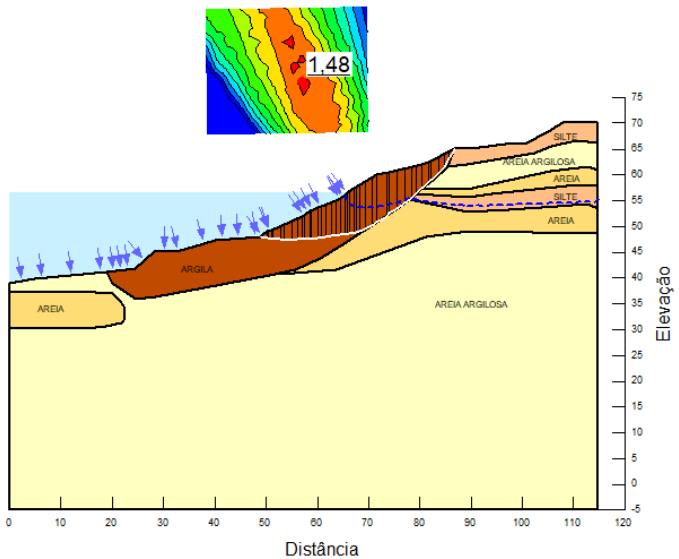
17/04/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



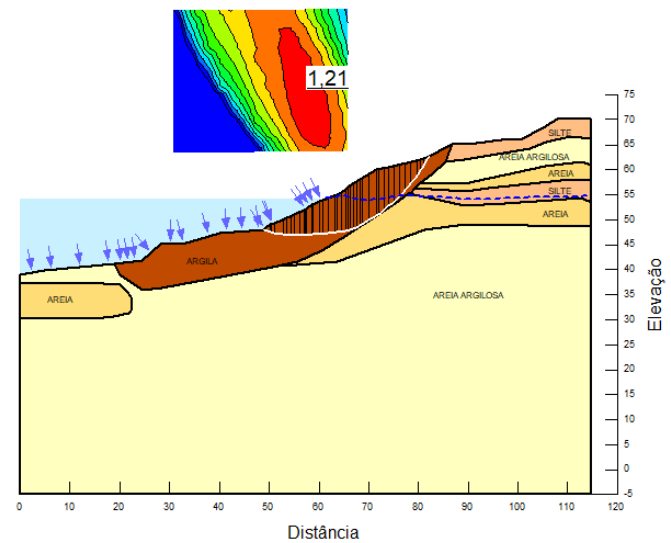
15/05/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



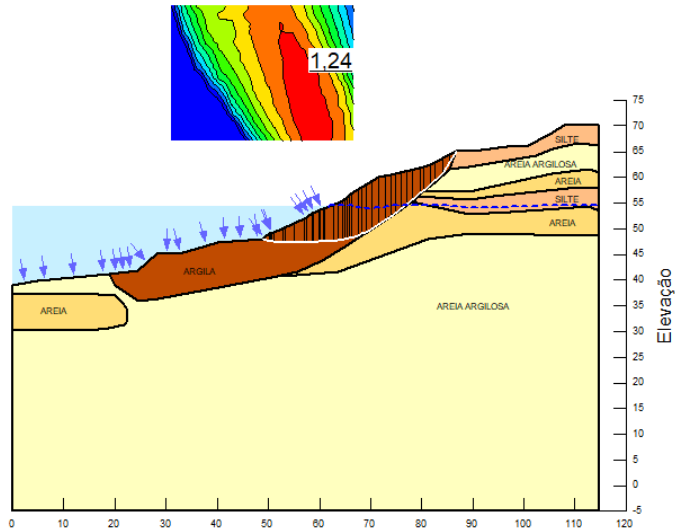
29/05/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



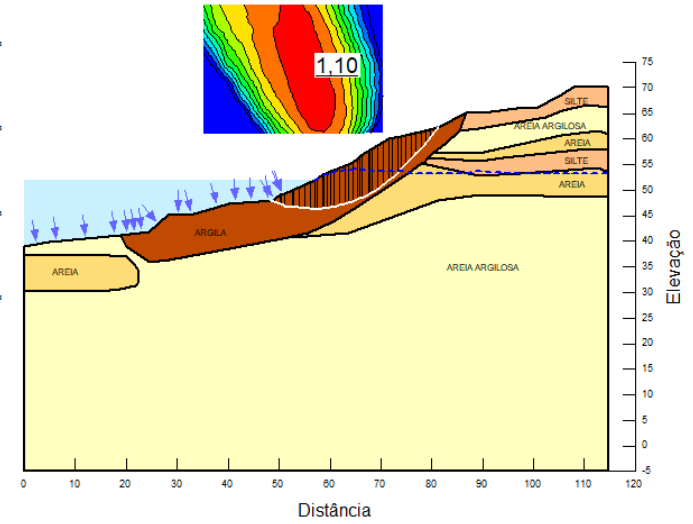
26/06/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



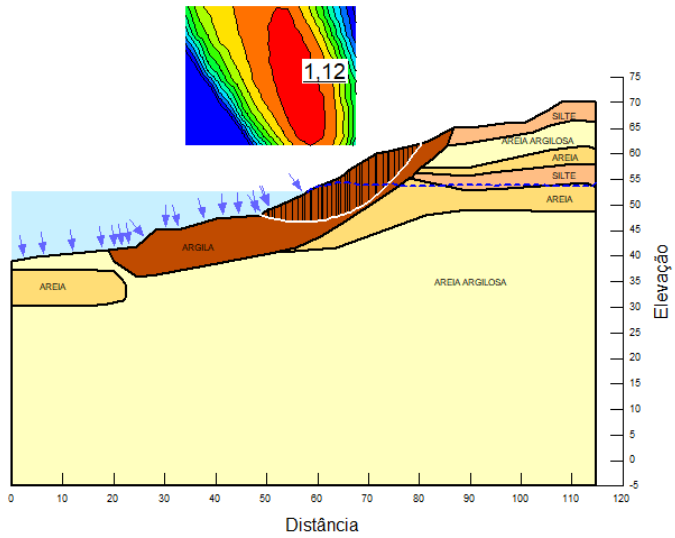
12/06/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



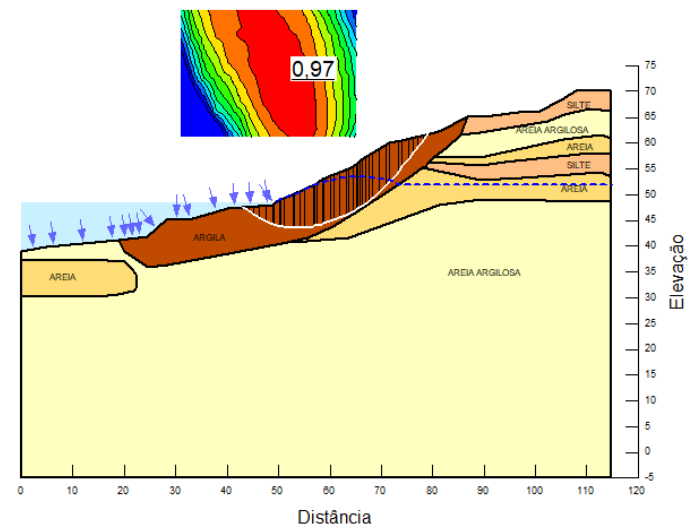
17/07/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



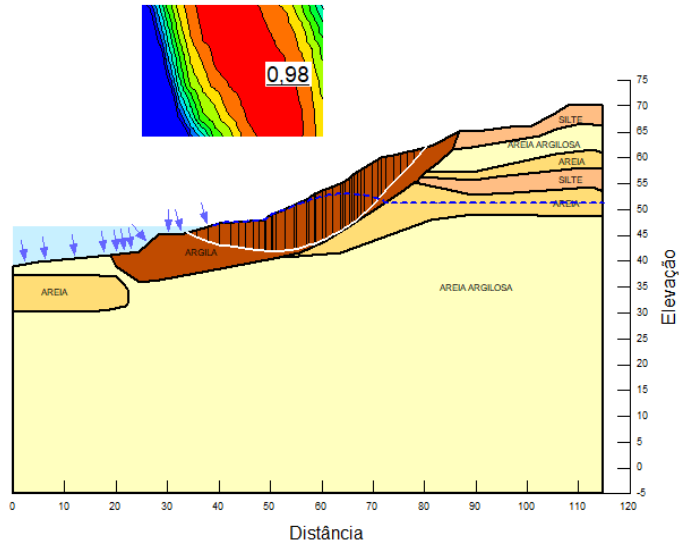
31/07/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



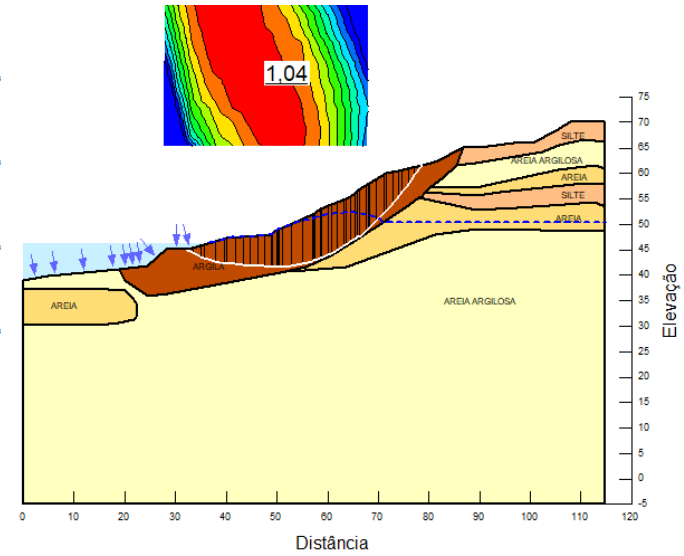
28/08/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



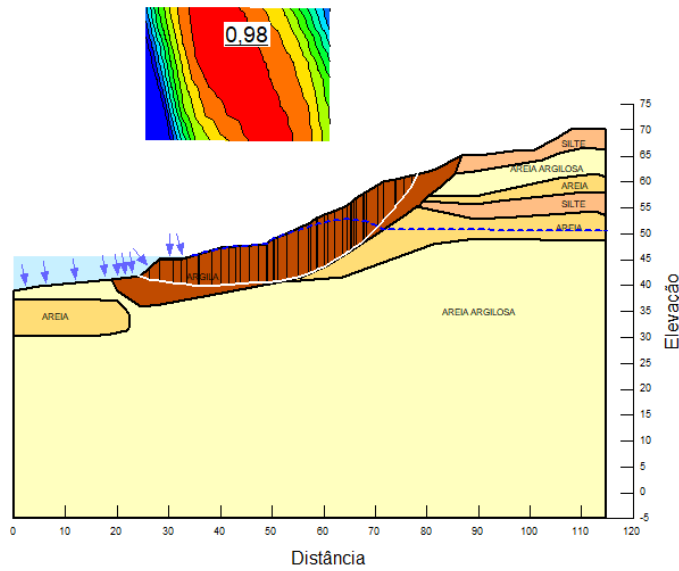
14/08/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



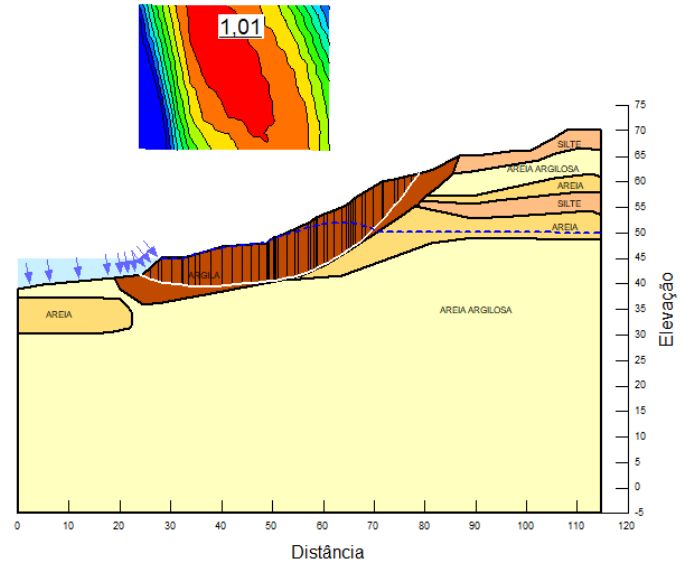
11/09/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °



25/09/2017

Name: Argila
Unit Weight: 14 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia argilosa
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Silte argiloso
Unit Weight: 15 kN/m³
Cohesion: 25 kPa
Phi: 20 °

Name: Areia
Unit Weight: 18 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Phi: 42 °

